

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Využití obnovitelných zdrojů energie v bytovém domě

Renewable Resources Utilization of Flat-building

Student: Appel Jakub
Vedoucí bakalářské práce: Ing. Nezhoda Jiří, Ph.D.

Ostrava 2011

Zadání bakalářské práce

Student: **Jakub Appel**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 3907R009 Provoz energetických zařízení
Téma: **Využitelnost obnovitelných zdrojů v bytovém domě**
Renewable Resources Utilization of Flat-building

Zásady pro vypracování:

Posud'te využití alternativních zdrojů energie pro zásobování bytového domu.

Posud'te následující zdroje

- Biopalivo
- Tepelné čerpadlo
- Solární vytápění a ohřev TV

Jednotlivé návrhy ekonomicky a environmentálně porovnejte s konvenčním způsobem zásobování teplem.

Součástí práce bude stanovení potřeby tepla pro vytápění a ohřev TV konkrétního bytového domu.

Seznam doporučené odborné literatury:

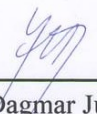
- [1] DIDUŠKOVÁ, M., VOTÁPEK, M. Jak investovat do úspor a šetřit vlastní kapitál, Energy Performance Contracting. SEVEN, Praha, 1995.
- [2] Kol. autorů: Audit energetického hospodářství budov. Skripta pro kurz energetických auditorů. ČEZ, a.s., RAEN, s.r.o., Praha, 1997.
- [3] Kol. autorů. Energetický audit. Metodika auditu. ČEA, Praha, 1996.
- [4] Kol. autorů. Metodika energetického auditu. ČEA, Praha, 1996.
- [5] Vyhláška č. 213/2001, kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetických auditů.
- [6] Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření s energií.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

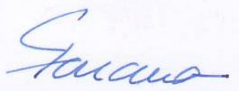
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jiří Nezhoda, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011


prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- Jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Jakub Appel

Adresa trvalého pobytu autora práce:

17. Listopadu 1234/2

Kopřivnice

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

APPEL, J. Využití obnovitelných zdrojů energie v bytovém domě : bakalářská práce.
Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky,
2011, 59 stran.

Vedoucí práce: Nezhoda, J.

V bakalářské práci je probrána problematika obnovitelných zdrojů energie a jejich využití pro bytový dům. Obnovitelné zdroje energie budou využity pouze pro přípravu teplé užitkové vody a k vytápění. Jednotlivé zdroje jsou popsány. Dále jsou navrženy různé varianty využití a je doporučena nejlepší varianta. V praktické části je proveden návrh solárních panelů pro plné pokrytí dodávky tepla, zhodnocení výsledku a výpočet návratnosti nejvhodnější varianty využití obnovitelných zdrojů energie.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

APPEL, J. Renewable Resources Utilization of Flat-building : Bachelor Thesis.
Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering,
Department of Power Engineering, 2011. 59 pages.

Thesis head: Nezhoda, J.

In the Bachelor Thesis discussed the issue of renewable resources and their use for flat-building. Renewable resources will be used only for preparation hot water and heating. Individual resources are described. Next are designed variants of uses and recommended the best option. In the practical part, there is design of solar collectors for full coverage heat, evaluate the results and calculate return on the best solution use of renewable energy sources.

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Nezhodovi, Ph.D., který mě svými radami, praktickými zkušenostmi a svými připomínkami vedl při vypracování bakalářské práce.

Obsah:

1	Úvod.....	12
2	Posuzované obnovitelné zdroje	13
2.1	Tepelná čerpadla	13
2.1.1	Druhy tepelných čerpadel	13
2.1.2	Volba vhodného TČ pro bytový dům	19
2.2	Biopalivo	20
2.3	Solární tepelné soustavy.....	21
2.4	Kombinace zdrojů	24
3	Popis budovy.....	26
4	Návrh zateplení	27
5	Určení tepelných ztrát.....	29
5.1	Charakteristika objektu:	29
5.2	Ochlazované konstrukce objektu / zateplení, výměna oken:	30
5.3	Lineární tepelné mosty:.....	31
5.4	Větrání:.....	31
5.5	Roční potřeba energie na vytápění:.....	31
5.6	Stavebně – technické hodnocení:	32
5.7	Zelená úsporám – výše podpory pro bytové domy	34

6	Stanovení potřeby tepla pro vytápění a ohřev TUV	35
6.1	Teplo pro vytápění po zateplení	35
6.2	Teplo pro ohřev TUV	37
6.3	Celkové množství tepla pro ohřev TUV a vytápění:	39
7	Návrh solárních kolektorů	40
8	Návrh zdrojů	48
8.1	I. Varianta: Plynový kotel a solární panely	48
8.2	II. Varianta: Elektrický kotel a tepelné čerpadlo	48
8.3	III. Varianta: Plynový kotel a tepelné čerpadlo	49
9	Návratnost investic	49
9.1	Náklady na zateplení	49
9.2	Náklady na plynový kotel a akumulční nádrž	50
9.3	Náklady na tepelné čerpadlo, solární soustavu	50
9.4	Tabulka a graf potřeby plynu při provozu TČ	51
9.5	Tabulka a graf návratnosti	52
10	Návrh otopných těles	54
11	Závěr	57
12	Seznam zdrojů informací	58

0 Seznam použitých značek a symbolů

Značka	Veličina	Rozměr
A	součinitel	$K.m^2.W^{-1}$
A_c	celková plocha	m^2
A_i	plocha podlahy	m^2
A_{cp}	celková plocha podlah	m^2
D	průměr	mm
D	denostupně	$K.dny$
H_T	měrná ztráta prostupem tepla	$W.K^{-1}$
H_+	trvalý tepelný zisk	W
H_{g+}	solární tepelné zisky	$kWh.rok^{-1}$
N	počet prac. dní soustavy v roce	dny
$P_{c,r}$	celkový výkon otopné soustavy	kW
P_c	výkon radiátoru	kW
Q_{cz}	tepelná ztráta objektu	kW
\dot{Q}_k	měrný tepelný zisk kolektoru	$kW.h.m^{-2}$
\dot{Q}_m	měrná potřeba tepla	$Wh.m^{-2}$
\dot{Q}_{m1}	měrná potřeba tepla před zateplením	$W.m^{-2}$
\dot{Q}_{m2}	měrná potřeba tepla po zateplení	$W.m^{-2}$
\dot{Q}_{max}	maximální tepelný zisk kolektoru	MWh
\dot{Q}_{skut}	skutečný tepelný zisk kolektoru	MWh
Q_{max}	maximální potřeba tepla pro radiátor	W
\dot{Q}'_{max}	maximální měrný celoroční zisk	$kWh.m^{-2}$
\dot{Q}'_{skut}	skutečný měrný celoroční zisk	$kWh.m^{-2}$
Q_{min}	minimální potřeba tepla pro radiátor	W
Q_r	roční potřeba energie na vytápění	$kWh.m^{-2}$
\dot{Q}_r	celk. množství tepla pro ohřev TUV	$kWh.rok^{-1}$
\dot{Q}_{rk}	měsíční potřeba tepla	kWh
$\dot{Q}_{skut,k}$	množství skutečného záření dopad. na plochu kol.	$kW.h.m^{-2}$
$\dot{Q}_{teor,k}$	teoretické množství energie dopad. na plochu kol.	$kW.den^{-1}$
$\dot{Q}_{VYT,R}$	teplo pro vytápění	$kWh.rok^{-1}$
$\dot{Q}'_{VYT,R}$	teplo pro vytápění	$kWh.rok^{-1}$
$\dot{Q}_{TUV,d}$	denní potřeba tepla	kWh
$\dot{Q}'_{TUV,r}$	množství tepla k ohřátí TUV	$kWh.rok^{-1}$
$\dot{Q}'_{TUV,r,teor}$	teoretické množství tepla k ohřátí TUV	$kJ.rok^{-1}$
$\dot{Q}_{TUV,r}$	roční potřeba tepla ohřev TUV	$kWh.rok^{-1}$

S	plocha kolektorové plochy	m^2
S_k	absorpční plocha kolektoru	m^2
U_i	součinitel přestupu tepla	$W.m^{-2}.K^{-1}$
V	objem budovy	m^3
V_{2p}	celková potřeba teplé vody za den	$m^3.den^{-1}$
a_1	konstanta	$W.K^{-1}.m^{-2}$
a_2	konstanta	$W.K^{-1}.m^{-2}$
b_i	činitel teplotní redukce	dny
c_v	měrná tepelná kapacita vody	$KJ.kg^{-1}.K^{-1}$
d	délka otopného období	dny
e_i	souč. nesoučasnosti tep. ztrát infiltrací a prostupem	1
e_t	souč. snížení teploty v místnosti	1
e_d	souč. zkrácení doby vytáp. u objektu s přest. v prov.	1
m_r	hmotnost vody za rok	$kg.rok^{-1}$
m_{os}	hmotnost vody na osobu za den	kg
n	počet kolektorů	ks
n_i	intenzita větrání	h^{-1}
n_{os}	počet osob	1
p	počet dní	dny
t	teplota	$^{\circ}C$
t_e	venkovní výpočtová teplota	$^{\circ}C$
t_{is}	průměrná roční výpočtová teplota	$^{\circ}C$
t_{es}	průměrná teplota během otopného období	$^{\circ}C$
t_k	teplota kolektoru	$^{\circ}C$
t_o	střední teplota v době slunečního svitu	$^{\circ}C$
t_{svl}	teplota studené vody v létě	$^{\circ}C$
t_{svz}	teplota studené vody v zimě	$^{\circ}C$
t_z	tloušťka zateplení	mm
t_1	teplota na vstupu do systému	$^{\circ}C$
t_2	teplota na výstupu ze systému	$^{\circ}C$
z	koeficient energetických ztrát systému	1
ε	opravný součinitel	1
η	účinnost kolektoru	1
η_o	účinnost kolektoru pro absorbér	1
η_{ob}	účinnost obsluhy	1
η_r	účinnost rozvodu vytápění	1
ρ	hustota vody	$kg.m^{-3}$
τ_{rel}	relativní doba slunečního svitu	1
τ_{teor}	teoretická doba slunečního svitu	h

Θ_e	venkovní návrhová teplota v zimním období	°C
Θ_{em}	průměrná venkovní teplota v otopném období	°C
Θ_{im}	převažující vnitřní teplota v otopném období	°C

1 Úvod

Tato bakalářská práce posuzuje možné využití alternativních zdrojů energie pro zásobování bytového domu teplem a teplou vodou. Při navrhování jsou prováděny konzultace s majiteli, které směřují při vypracovávání ke konkrétním řešením.

Bytový dům je trvale osídlen 12-ti osobami. Jedná se o třípatrovou budovu z roku 1930 s neobydlenými půdními a sklepními prostory. Budova není zateplená a k vytápění a ohřevu teplé užitkové vody (dále jen TUV) má každý byt individuální zdroj tepla – plynová kamna.

Jelikož pro využití větru jako obnovitelného zdroje energie není v této lokalitě vhodné místo a ani majitelé si nepřejí vystavět jakoukoli „vrtuli“ na pozemku, jako zdroje energie jsou posuzovány pouze tyto:

- Geotermální vytápěcí systémy
- Biopaliva (biomasu)
- Solární vytápění a ohřev TV

Výše uvedené zdroje energie jsou v práci popsány, jsou nastíněny jejich výhody, nevýhody, jsou vyloučeny nevhodné a je doporučen nejvýhodnější zdroj, případně kombinace zdrojů pro danou nemovitost. Je proveden praktický výpočet návrhu solárních kolektorů a jeho zhodnocení.

Součástí práce je určení tepelných ztrát budovy. Při určování tepelných ztrát je navrženo i zateplení domu a stanovení výše podpory v dotačním programu „Zelená úsporám“. Potřeba tepla pro vytápění a ohřev TUV je stanovena několika způsoby jako například zjednodušeným výpočtem a podle výpočtové kalkulačky na webu tzb-info.cz, výsledky jsou porovnány a je určena správná hodnota. V neposlední řadě je proveden návrh a vypočítána cena nových otopných těles.

V práci je také vypracováno ekonomické zhodnocení, kde jsou vypočítány přibližné náklady na zateplení a vybavení budovy alternativním zdrojem energie a je vypočítána návratnost investic.

2 Posuzované obnovitelné zdroje

2.1 Tepelná čerpadla

Zpracováno s použitím zdrojů: [6], [10], [13], [14].

2.1.1 Druhy tepelných čerpadel

Tepelní čerpadlo vzduch-vzduch



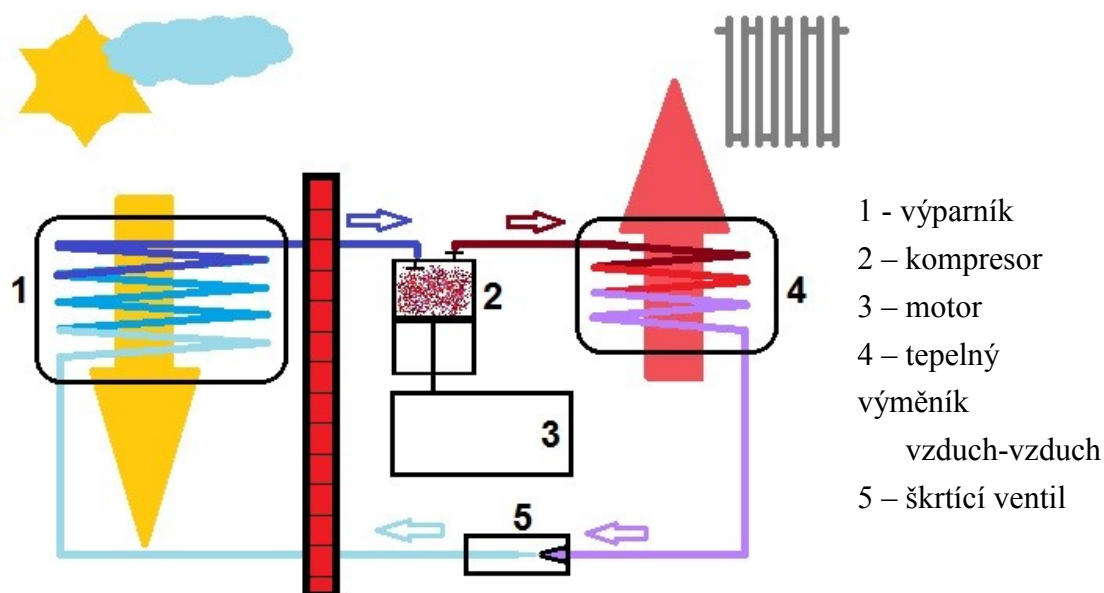
Obr. č. 2.1 TČ vzduch-vzduch

Tyto tepelná čerpadla pracují na principu odebírání tepla z okolního vzduchu, případně odpadního vzduchu z výrobních a průmyslových prostor. Čerpadla se systémem vzduch-vzduch se používají převážně tam, kde jsou příznivé klimatické podmínky v topné sezóně, například v městských zástavbách, kde je vzduch teplejší než na venkově vlivem ohřívání z vyhřátých ploch domů, cest apod. Taktéž je výhodné použití na místech, kde je problém se zajištěním dostatečné plochy pro sběrný půdní kolektor, který je obvykle náročný na plochu, nebo kde je nevhodné geologické podloží pro provedení hlubokých vrtů, které

mohou dosahovat hloubky 100 m. Ačkoliv se to nezdá, tepelné čerpadlo je schopno efektivně dodávat teplo i při teplotách odebíraného vzduchu pod bodem mrazu.

Princip funkce (viz obr. č. 2.2) je založen na odebírání tepla ze vzduchu podchlazeným chladivem. Toto se děje ve výparníku, umístěném vně budovy, který obsahuje obvykle měděné trubice, ve kterých chladivo cirkuluje. Toto mírně ohřáté chladivo je následně stlačeno v kompresoru na vysoký tlak, který nám způsobí nárůst jeho teploty na přibližně 70° C. Při takovéto teplotě je chladivo obvykle v plynném stavu a jeho páry jsou odvedeny do tepelného výměníku pracujícího s tepelnou výměnou vzduch-vzduch, kde předají své teplo vzduchu, který proudí v systému vytápění domu. Chladivo, které při odevzdání tepla změnilo zpátky svůj

stav na kapalný je následně přes redukční ventil pod vysokým tlakem vstříkováno do výparníku, kde se zchladí a odebere opět teplo média v okolním prostoru výparníku, v našem případě okolnímu vzduchu. Abychom zajistili trvalou výměnu již chladného okolního vzduchu za teplejší „nevychlazený“ vzduch, zajistí nám toto ventilátor umístěný u výparníku.



Obr. č. 2.2 Schéma funkce tepelného čerpadla

Jako výhody tohoto systému můžeme uvést relativně levnou a jednoduchou instalaci, kdy se celková cena pohybuje okolo 180 000 až 400 000,- Kč na rodinný dům. Nespornou výhodou je také možnost chlazení, kdy v létě tepelné čerpadlo odebírá teplo z objektu a předává ho okolí, tímto můžeme dosáhnout vysokého komfortu, to ale jen s použitím speciálních radiátorů. V letních měsících můžeme s vysokou efektivitou ohřívat vodu v bazénech.

Mezi nevýhody musíme zařadit zvýšený hluk v okolí tepelného čerpadla, konkrétně ventilátoru umístěného venku. Ventilátor při vhánění čerstvého vzduchu do prostoru výparníku bohužel produkuje hluk, který se následně šíří do blízkého okolí. Nejedná se ovšem o vysoké hladiny, zvýšení hladiny hluku je řádově o decibely, oproti normální hladině v daném místě. Další nevýhodou je často nevzhledná krabice výparníku, který je obvykle umístěn v zahradních prostorách.

Tepelné čerpadla vzduch-vzduch se výkonově pohybují od 5 až 18 kW pro rodinné domy, při kaskádovém zapojení více tepelných čerpadel můžeme získat výkon v řádu desítek kW pro větší objekty s vyššími nároky na zásobování teplem.

Tepelné čerpadlo vzduch-voda

Pracuje na stejném principu jako tepelné čerpadlo vzduch-vzduch, ovšem s tím rozdílem, že teplonosné médium na výstupu není vzduch, ale voda. Ta je běžná pro většinu radiátorů vy domech i bytech. Navíc je ovšem akumulací zásobník na TUV a regulace.

Chladivo odebere teplo z okolního vzduchu ve výparníku, putuje do kompresoru, kde je stlačeno na velmi vysoký tlak. Tím dojde k nárůstu teploty na přibližně 70° C a změně skupenství chladiva na páru. Ta je přivedena do výměníku typu vzduch-voda, kde páry chladiva zkondenzují a předají teplo vodě, která putuje do akumulací zásobníku. Zkapalněné chladivo opět jde přes škrťací ventil zpět do výparníku, obdobně jak tomu bylo u tepelného čerpadla vzduch-vzduch. V akumulací zásobníku se voda dohřívá, pokud je potřeba, pomocí bivalentního zdroje tepla, čímž je obvykle elektrokotel.

Výhody i nevýhody tohoto typu tepelného čerpadla jsou stejné jako u předchozího, s výjimkou ceny, která se zde pohybuje mírně výš, okolo 200 000 až 400 000,- Kč na rodinný dům. Nárůst ceny je způsoben nutným akumulací zásobníkem, což u typu vzduch-vzduch nebylo potřeba.

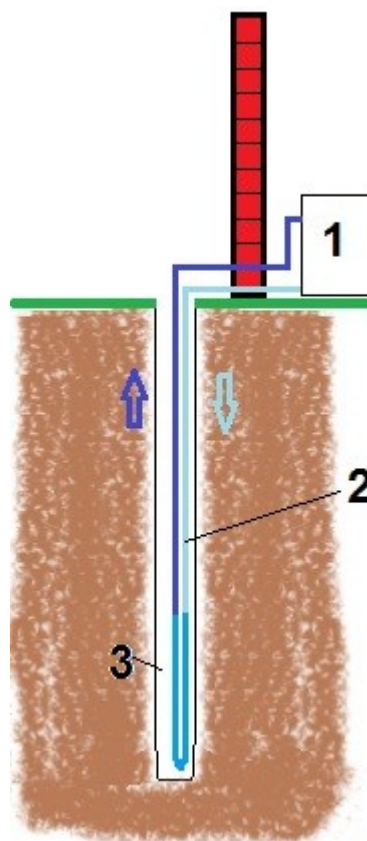
Tepelné čerpadla vzduch-voda se výkonově pohybují od 5 až 18 kW pro rodinné domy, při kaskádovitém zapojení více tepelných čerpadel můžeme získat výkon v řádu desítek kW pro větší objekty s vyššími nároky na zásobování teplem.

Tepelné čerpadlo země-voda

Existují dva základní druhy tepelných čerpadel země-voda. Rozlišují se způsobem, jakým odebírají teplo ze země. Jde buďto o odběr z pod povrchu země plošnými kolektory nebo o odběr tepla z hloubkového vrtu. První varianta požaduje větší rozlohu pozemku a je nejlepší ji volit ještě před započítáním stavby domu. Druhá varianta nemá nároky na velkou plochu pozemku, musí pro ni být ovšem vhodný geologický podklad. Nesmí se narušit podzemní vody. Obě dvě varianty znamenají určitý stavební zásah do pozemku.

Tepelné čerpadlo vrt-voda

Tepelné čerpadlo vrt-voda odebírá teplo zemině pod povrchem do hloubky cca 100 m pod povrchem. Jedná se o vrt, v němž jsou PE trubky s chladivem. 2 okruhy pro chladivo se vkládají z důvodu menšího rizika poškození a následnému znehodnocení potrubního systému ve vrtu. Pokud by došlo k prasknutí, či ucpání jednoho okruhu, může najet okruh druhý a nemusí se náročně opravovat vrt starý nebo hloubit vrt nový. Zemina nezamrzá od hloubky přibližně 1 m pod povrchem a její teplota s hloubkou roste. Uvádí se přibližně 1°C na každých 30 m.



Obr. č. 2.3 TČ vrt-voda

1- tepelné čerpadlo, 2- hlubinný kolektor, 3- vrt

Tepelné čerpadlo vrt-voda odebírá teplo zemině pod povrchem do hloubky cca 100 m pod povrchem. Jedná se o vrt, v němž jsou PE trubky s chladivem. 2 okruhy pro chladivo se vkládají z důvodu menšího rizika poškození a následnému znehodnocení potrubního systému ve vrtu. Pokud by došlo k prasknutí, či ucpání jednoho okruhu, může najet okruh druhý a nemusí se náročně opravovat vrt starý nebo hloubit vrt nový. Zemina nezamrzá od hloubky přibližně 1 m pod povrchem a její teplota s hloubkou roste. Uvádí se přibližně 1°C na každých 30 m.

Princip se o mnoho neliší od předešlých systémů využívajících teplo ze vzduchu. Nemrznoucí kapalina u tohoto systému odebírá teplo zemske půdě, následně je dopravováno do výparníku, kde předává své teplo chladivu. Chladivo putuje do kompresoru, kde je stlačeno na vysoký tlak, čímž stoupne i teplota chladiva na přibližně 70°C a to se následně dopravuje do kondenzátoru, kde chladivo kondenzuje a předává svou tepelnou energii vodě, která je následně vháněna do otopné soustavy budovy. Chladivo je po předání energie a zkapalnění dopraveno ke škrticímu ventilu, který jej pod velkým tlakem vstříkne do prostoru výparníku, ve kterém se chladivo vlivem ztráty tlaku a teploty začne ihned odpařovat a tím začne odebírat tepelnou energii nemrznoucí kapalině, která neustále proudí z vrtu přes výparník.

Při nízkých venkovních teplotách a velkých nárocích na dodané teplo do otopné soustavy se použije bivalentní zdroj tepla, obvykle elektrokotel, který je rovněž součástí tepelného čerpadla.

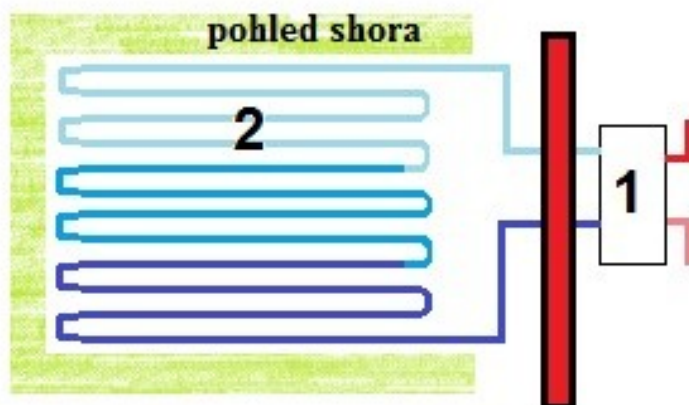
Výkonově se čerpadla pohybují od 6 do 25 kW, při kaskádovém zapojení i 100 a více kW.

Mezi výhody patří jednoznačně stabilní výkon po celý rok nezávislý na venkovní teplotě, dlouhodobá životnost (jediná mechanická součást která se často může pokazit je kompresor, který je konstruován někdy i na 20 let provozu) a v neposlední řadě také vrt není v zahradě na obtíž a esteticky nemusí být vůbec poznat, že na pozemku nějaký vrt je.

Jedna z nevýhod je pořizovací cena. U tepelných čerpadel vrt-voda se pohybuje od 300 000,- Kč, kdy je velká část peněz věnována právě vyhloubení vrtu. Jedná se také o velké stavební úpravy v terénu u domu, což je mnohdy problém z hlediska přístupnosti techniky. A při nesprávném užívání může dojít i k vymražení zeminy v okolí vrtu, což má za následek zamrznutí nemrznoucí směsi a ukončení dodávky tepla tepelným čerpadlem. Tomuto lze zabránit správným užíváním a zpětným dodáváním tepla přes léto, kdy je teplo dodáváno do vrtu z objektu a objekt bývá tepelným čerpadlem chlazen.

Tepelné čerpadlo kolektor-voda

Tepelné čerpadlo kolektor-voda je založeno na principu odebrání tepelné energie z půdy pod povrchem. Kolektory se musí uložit do půdy přibližně 1,8 metru



Obr. č. 2.4 TČ kolektor-voda

hluboko, jelikož půda od hloubky 1 m nepromrzá a po celý rok má přibližně stejnou teplotu. Toto řešení je vhodné pro domy, které disponují velkým pozemkem a ideální je ještě před výstavbou objektu vyřešit položení kolektorů. Jedná se opět nejčastěji o dvou okruhový systém. Plocha

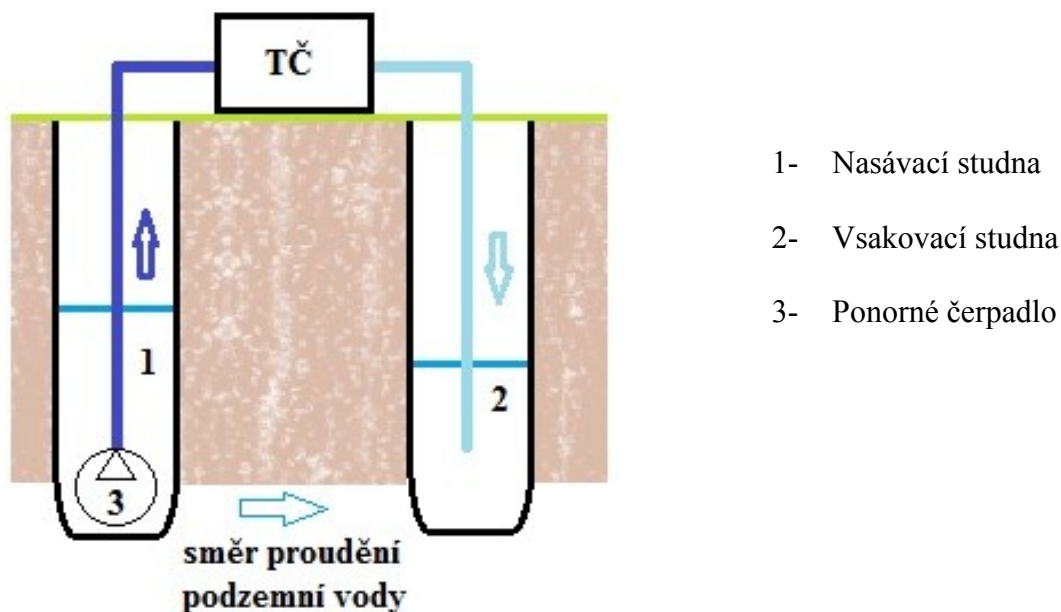
povrchu, pod kterým jsou kolektory, nesmí být celý rok zastíněna, zastavěna ani jinak ovlivněna, jelikož teplo se v půdě akumuluje z dešťové vody a slunečního záření.

Teplo nashromážděné v půdě je následně odebíráno plošnými kolektory pod číslem 2 na obrázku č. 2.4, ve kterých je nemrznoucí směs, ta teplo dopraví do výparníku pod číslem 1 na obrázku č. 2.4, kde je předáno chladicí směsi. Celý systém je obdobný jako u tepelného čerpadla se systémem vrt-voda. Chladicí směs je následně stlačena v kompresoru na velmi vysoký tlak, změní své skupenství na plynné a s teplotou okolo 70°C je dopravena do kondenzátoru, kde páry zkondenzují, předají své teplo teplotonosnému médiu, což je obvykle voda v radiátorech a zkondenzované páry odcházejí do redukčního ventilu. Tam jsou pod vysokým tlakem vstříknuty do prostoru výparníku, kde se chladivo mění opět v páru, ta se ochladí a odebírá teplo nemrznoucí směsí z kolektorů.

Součástí tepelného čerpadla je opět bivalentní zdroj tepla, který se za nepříznivých podmínek uvede do provozu a přehřívá vodu jdoucí do otopné soustavy na požadovanou teplotu.

Výhody jsou totožné jako u tepelného čerpadla vrt-voda. Stálý výkon nezávislý minimálně závislý na venkovní teplotě, bez nežádoucích nevzhledných prvků na pozemku a s poměrně dlouhou životností.

Tepelné čerpadlo voda-voda



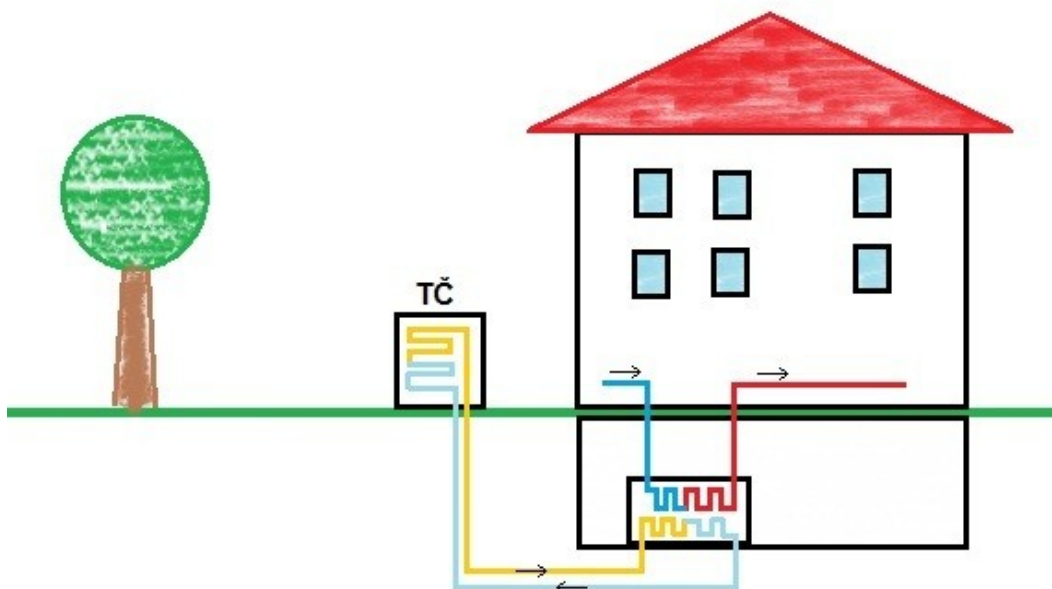
Obr. č. 2.5 TČ voda-voda

Toto provedení tepelného čerpadla se používá v místech, kde je rybník, jezero, studna nebo jiný zdroj nadzemní, či podzemní vody. U studny musí být

navíc zajištěno, aby ochlazená voda odcházela do studny umístěné za první studnou, ze které je voda odebírána. Toto provedení je zobrazeno na obrázku 2.5.

2.1.2 Volba vhodného TČ pro bytový dům

Ze zkušeností firem, které se problematikou tepelných čerpadel zabývají, vyplývá, že se v oblasti, pro kterou řeším tuto práci, vzhledem ke klimatickým podmínkám lépe osvědčila tepelná čerpadla se systémem vzduch-voda. Majitel si rovněž nepřeje mít na zahradě plošný kolektor a z důvodu problémové dopravy za dům nepřichází v úvahu ani kolektor uložený v hlubinném vrtu. Z těchto důvodů volíme TČ založené na systému vzduch-voda.



Obr. č. 2.6 Tepelné čerpadlo vzduch-voda

Čerpadla vzduch-voda se mohou umístit i do sklepních prostor, kde zároveň odsávají vzdušnou vlhkost, což je nesporně výhodou tohoto systému, toto platí ovšem pouze pro nižší výkonové řady čerpadel, kde nedochází k většímu průtoku vzduchu. Nevýhodou je ovšem nízký tepelný výkon v období nízkých venkovních teplot. Toto nám řeší bivalentní zdroj tepla dodávaný obvykle s tepelným čerpadlem, nejčastěji elektrokotel. Při požadavku většího množství tepla z bivalentního zdroje můžeme volit i kotel na biopalivo, případně plyn, či kotel na zemní plyn. Více v kapitole 2.4.

2.2 Biopalivo

Zpracováno s použitím zdrojů: [9], [10], [13].

Neboli také biomasa, je definována jako veškerá hmota biologického původu. Jde především o dendromasu, neboli dřevní biomasu, fytomasu kde se jedná především o zemědělské plodiny a biomasu živočišného původu. Neméně podstatný druh biomasy jsou i biologicky rozložitelné odpady.

Pro náš projekt lze tento energetický zdroj využít spalováním v kotlích ve formě pelet, dřevní štěpky, uhlí hnědého i černého, dřeva surového, odpadního, briket, ... Vše záleží jen na volbě kotle a požadavcích majitele nemovitosti. Při výběru se musíme také zaměřit na možnosti uskladnění paliva, jelikož uskladnění například dřevní štěpky s sebou nese nároky na odvětrávání a větší skladovací prostory než například u pelet. Štěpka je také náchylná z důvodu většího obsahu vody k zapařování, plesnivění a může tudíž dojít v uzavřených místnostech i k samovznícení. Z těchto důvodů se jeví jako nejlepší palivo dřevní pelety.

S peletami je jednoduchá manipulace, nemají vysoké nároky na větrání místnosti a její prostory, snadná je i doprava a dostupnost. Pelety jsou dodávány v plastových pytlích o hmotnosti 10 – 25 kg, ve velkoobjemových textilních vacích (big bag) o hmotnosti 1000 kg nebo volně ložené na korbách nákladních automobilů a poté pneumaticky či jinak dodávané do skladu pelet. Pelety se do kotle dodávají automatickým dávkováním pelet ze zásobníku, tímto se vyhneme častému přikládání do kotle.

Automatické kotle bývají obvykle plně automatizovány, díky čemuž se považují za zdroje s nízkou tvorbou emisí a dobrými spalovacími vlastnostmi. Tímto dosahují účinnosti nad 85%. To vše je podmíněno používáním přesného elektronického řízení dávkování paliva a spalovacího vzduchu. Tepelný výkon je plynule řízen dávkováním paliva a spal. vzduchu v závislosti na venkovní teplotě a požadované vnitřní teplotě. Účinnosti těchto



Obr. č. 2.7 Kotel na pelety
ROJEK TKA BIO 25

kotlů mohou dosahovat až 94 %. Můžeme použít i kotel bez automatického dodávání paliva, jelikož v bytovém domě bydlí více rodin a můžeme uvažovat se stálou obsluhou po celý rok. Záleží jen na majiteli, zda si bude chtít připlatit za komfort nebo nikoli.

Otvor pro připojení do komínového systému je dle ČSN nejčastěji $D = 150$ až 200 mm v závislosti na výkonu kotle a výšce komínu.

Pořizovací náklady na automatický kotel se pohybují od $50\,000$ Kč do $500\,000$ Kč pro nejvýkonnější modely.

Mezi jednoznačné výhody patří nezávislost na okolních podmínkách, jak je tomu například u tepelného čerpadla odebírajícího teplo ze vzduchu či u solárních panelů. Pak také nemá spalování biomasy z ekologického hlediska škodlivý vliv na životní prostředí. Škodlivé plyny, které se při spalování uvolní, odpovídají množství, které spalovaná biomasa za svůj život pohltila. Jedná se tudíž o přirozený cyklus a nepodporuje to tvorbu skleníkového efektu.

Do nevýhod spadá především náročnost na skladování. Pro bytový dům by šlo i přesto, že by se jednalo o bivalentní zdroj o značnou část nejpravděpodobnější sklepních prostor. Jako další nevýhoda může být náročnost na obsluhu a přikládání, což částečně odpadá v případě pořízení automatického podavače paliva do kotle. Obsluha pouze jednou za čas dodá palivo do zásobníku, odkud už je automaticky řízeno dodávání do kotle.

2.3 Solární tepelné soustavy

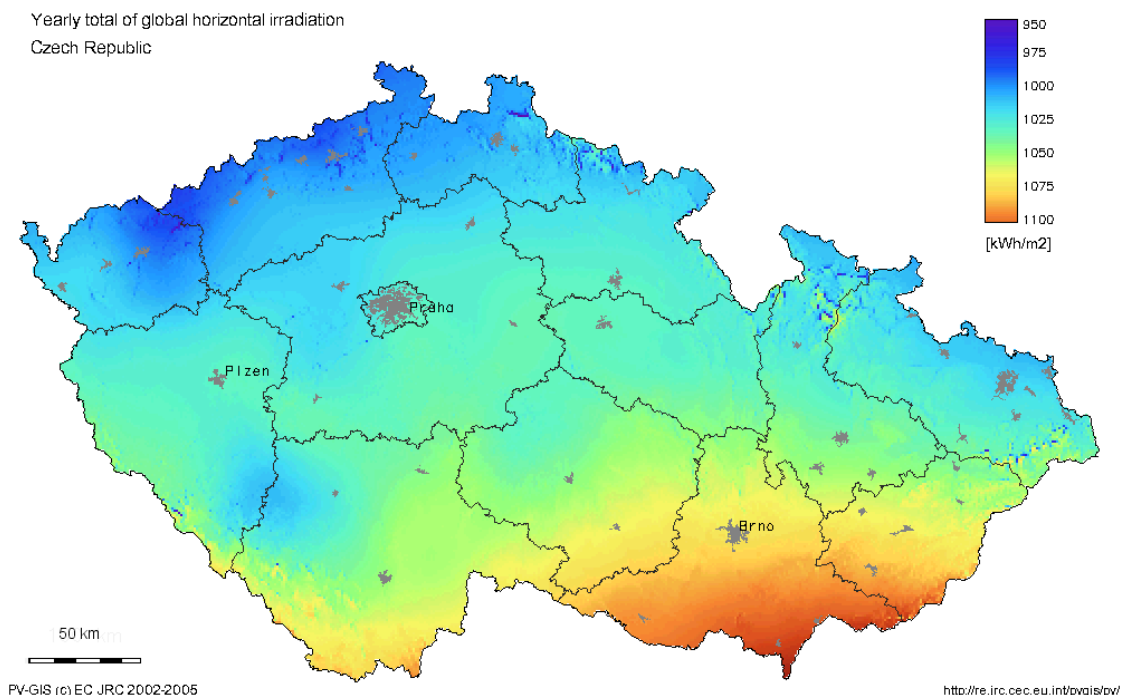


Obr. č. 2.8 Solární kolektor

Zpracováno s použitím zdrojů: [5], [7], [8], [13].

Solární energie je sice energie, kterou můžeme získávat zdarma, je ovšem nestabilní a během dne při silné oblačnosti nebo naopak jasnu se její velikost podstatně mění. Proto je dobré používat solární tepelné soustavy jen jako doplňkový zdroj tepla.

Pro zajímavost můžeme uvést, že na zemský povrch dopadá nepřetržitě až $180\,000$ TW energie ze slunce, to činí pouhou jednu dvoumiliardtinu celkového výkonu Slunce.



Obr. č. 2.9 Dopadající energie během roku na území ČR

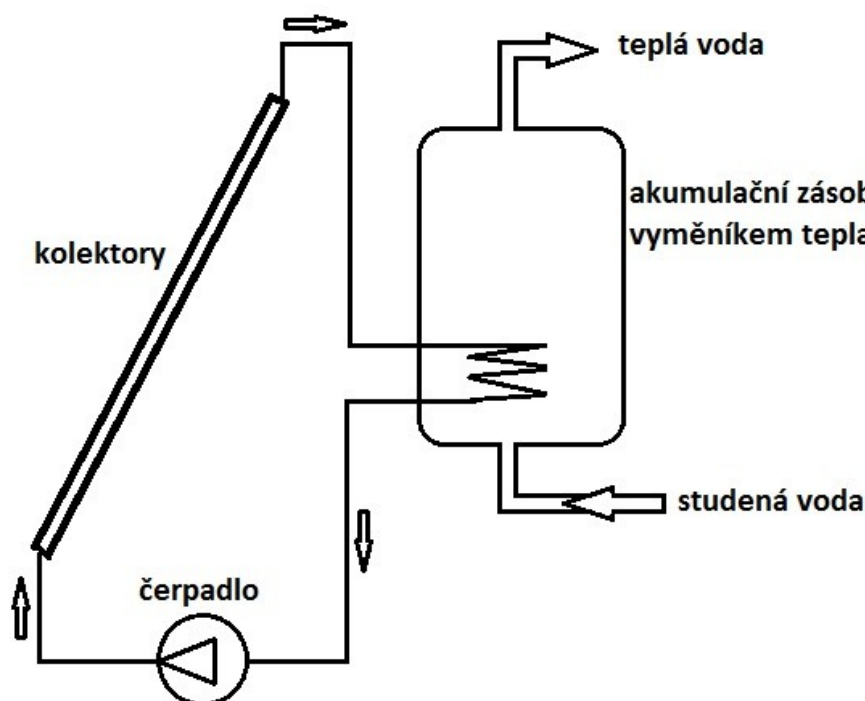
Sluneční kolektory se ideálně umísťují na střechy, případně jižně orientované fasády. Nejideálnější řešení je umístit solární kolektor na střechu o sklonu 30-50°, natočenou mezi jihovýchodní a jihozápadní orientaci. Nejúčinněji bude kolektor pracovat kolem 14. hodiny, kdy je teplota okolního vzduchu nejteplejší a jsou tak nejnižší tepelné ztráty, tudíž když bude natočen mírně na jihozápadní stranu. Střecha by neměla být zastíněna v průběhu dne stromy nebo budovami. Při návrhu musíme brát zřetel také na zatížení střechy. U starších domů se starší střechou nemusí trámy udržet větší množství solárních kolektorů. Měli bychom také dbát na to, jestli už je novější střešní krytina, nebo se bude měnit. V našem případě je střecha nová, tudíž na toto nemusíme brát ohledy. Stále ale musíme být na pozoru vzhledem k zatížení střechy, jelikož můžeme kolektory navrhovat pro patrovou budovu a tudíž i více obyvatel pod stejně velkou střechou, která je i na jednopodlažní budově.

Solárních soustav existuje celé spektrum. Od levných plošných kolektorů až po dražší komfortní koncentrační kolektory. Soustava se ovšem neskládá jen ze střešního kolektoru, ale můžeme ji rozdělit na tři části.

První část je samotný kolektor, ve kterém se v trubicích pod absorberem teplotnosné médium (obvykle voda s nemrznoucí směsí na bázi propylenglykolu) ohřívá. Nevýhodou těchto kapalin bývá nižší přivedené teplo do kolektoru, než by přenesla čistá voda. Poté putuje druhou částí, kterou se i vrací zpět ochlazené do

kolektoru. V této části jsou izolované trubky, které se obvykle umísťují uvnitř budovy. Při umístění na fasádě dochází k velkým tepelným ztrátám přes zimní období. Třetí část tvoří takzvaná strojovna, ve které je hlavním prvkem čerpadlo, které tlačí teplotnosné médium, kterému ve výměníku tepla bylo odebráno teplo, zpátky nahoru do kolektoru, kde je opět ohříváno.

Aby čerpadlo začalo pracovat a celý systém se dal do chodu, musí čidla v akumulaci nádrži a v kolektoru zaznamenat teplotní rozdíl alespoň 7°C. Udává se, že ztráty v potrubí jsou cca 2-3°C a rozdíl teplot potřebný na přestup tepla ve výměníku 5°C. Toto nám zajišťuje automatická regulace solární soustavy. Na obrázku č. 2.10 je vyobrazeno zjednodušené schéma zapojení slunečního kolektoru.

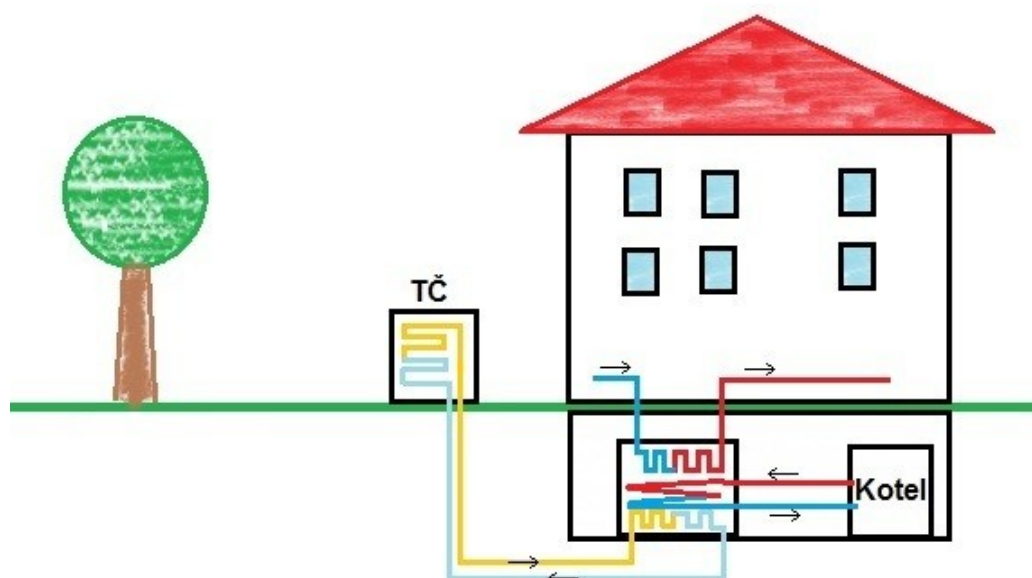


Obr. č. 2.10 Zjednodušené schéma zapojení kolektoru

Po finanční stránce se u solárních kolektorů pohybujeme okolo 250 000 Kč. Jedná se pouze o hrubý odhad pro cca 20 m² plochy kolektorů. Počítáme přibližně s potřebnou plochou kolektoru 1,6 m² na osobu.

2.4 Kombinace zdrojů

Možností kombinací zdrojů tepla pro bytový dům je mnoho. V zásadě můžeme zkombinovat zdroj solární energie s kotlem na plyn, biomasu či elektřinu. Tak samo můžeme skombinovat i tepelné čerpadlo. Musíme si uvědomit, že solární či geotermální energie je převážně nestálý zdroj tepla, který by měl být doplněn o špičkový zdroj, který nám zajistí dodávku tepla celoročně bez vlivu teploty okolí. Kotel nám zajišťuje zdroj energie ve špičkách, kdy druhý zdroj nemusí podávat dostatečný výkon. Pokud použijeme kotel na biomasu, dodávku paliva nám bude zajišťovat automatický podavač paliva, pokud bychom volili variantu s elektro kotlem, nebo plynovým kotlem, nemusíme se dále o nic starat. Takovými kombinacemi můžeme využít dobré vlastnosti každého systému a eliminovat jeho nevýhody.

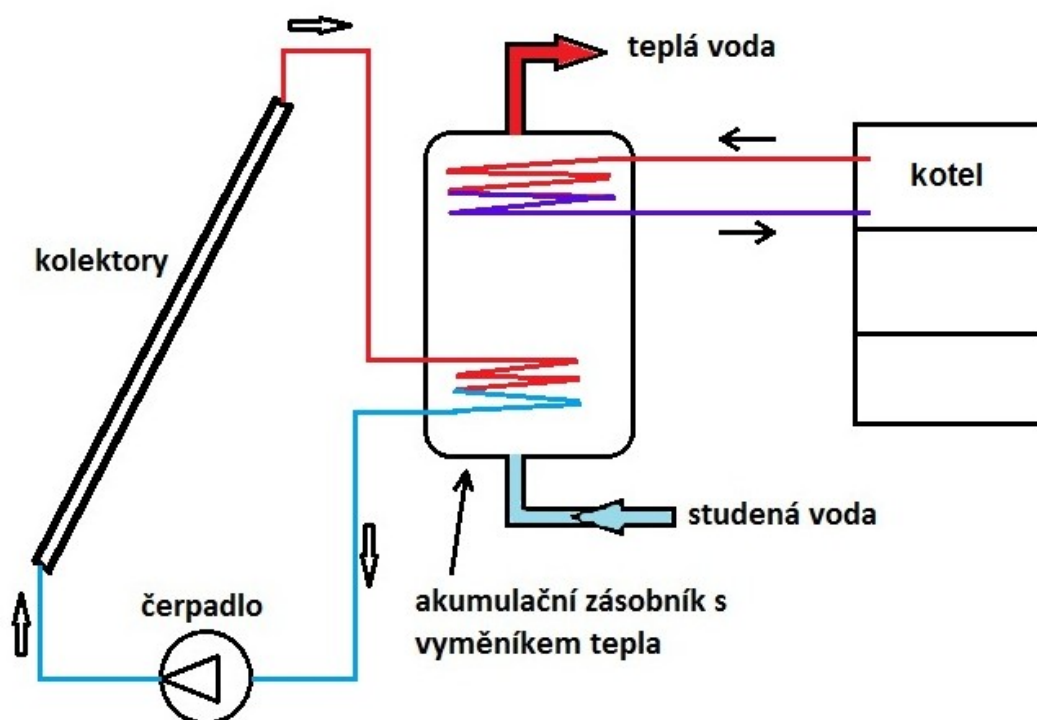


Obr. 2.11 Tepelné čerpadlo + kotel

U tepelných čerpadel pracujících především na principu vzduch-voda potřebujeme dodávat větší množství tepla z kotle v zimě, kdy nám nestačí výkon TČ. Podle způsobu návrhu můžeme kotel využívat celoročně, přes léto pomocí regulace pojede kotel obvykle na minimální výkon nebo vůbec. Případně když tepelné čerpadlo bude dostatečně výkonné, aby zajistilo teplo pro celý dům, může kotel najíždět jen v zimních měsících. U této kombinace je výhodné mít elektro kotel z důvodu nízkého tarifu za elektřinu, kdy by se platil noční proud. Majitel si ovšem přeje zachovat přívod plynu do domácností, tím zůstávají náklady na rozvod plynu.

U solárních systémů je menší dodávka tepla od listopadu do února, kdy je obloha převážně zatažená. Jako špičkový zdroj tepla zde můžeme volit plynový nebo elektro kotel.

U kombinace solárních panelů a kotle na biopaliva využíváme energii ze slunce převážně přes poledne, kotel nám zajišťuje dohřívání vody v zásobníku na dostatečnou teplotu.



Obr. 2.12 Zjednodušené schéma zapojení solárních kolektorů a kotle

V podzimních nebo jarních měsících, kdy je slunce málo, nám kotel dodává většinu potřebného tepla, v letních měsících naopak jen částečně pomáhá solárnímu systému dohřívát vodu v zásobníku. Dohřívání funguje tak, že pokud teplota v zásobníku klesne pod určenou hranici a solární systém není schopen dodat potřebné teplo pro ohřátí vody, vodu v zásobníku dohřejeme pomocí vody ohřáté kotlem. Akumulace teplé vody ze solárních kolektorů je zdlouhavá jelikož se jedná o nízkopotenciální teplo, voda se tudíž může nahřívat i celý den.

3 Popis budovy



Obr. č. 3.1 fotografie řešeného bytového domu

Obytný dům (obr. č. 3.1) se nachází v Ostravě – Mariánských horách na ulici Korunní č. 37. Byl vystavěn okolo roku 1930. Dům je orientován stranou, kde jsou obývací pokoje na sever, na jižní straně domu jsou kuchyně a ložnice.

Jako stavební materiál byly použity pálené cihly, v přízemí činí tloušťka zdiva 60 cm, v prvním a druhém patře 45 cm. Dům nemá žádnou tepelnou izolaci. V současné době jsou pouze sklepní prostory zaizolované proti prostupu vlhkosti. Sklep je z větší části pod povrchem. Ve sklepních prostorách jsou také nová plastová okna s lepšími tepelně izolačními vlastnostmi. Ostatní okna v domě jsou kastlíková.

Sklepní prostory a půda jsou nevytápěné, chodba situovaná uprostřed domu je taktéž nevytápěná. Dosud nebyly prováděny žádné tepelně izolační úpravy.

V minulosti ještě došlo ke stavebním úpravám, kdy byly v přízemí a prvním patře balkóny zrušeny a zvětšila se tak obyvatelná část bytu. Ve 2. patře zůstal balkón zachován.

3 osoby	1 osoba
2 osoby	1 osoba
3 osoby	2 osoby

Obr. č. 3.2 Schéma obydlení

V domě sídlí trvale 12 osob v 6-ti bytech. Pravá strana domu (3 byty) používá pro ohřev teplé vody a vytápění plynová kamna „Vavky“, levá strana nástěnné plynové kotle. Byty jsou obývány dle obrázku 3.2.

4 Návrh zateplení

Zpracováno s použitím zdrojů: [4], [10], [12].

Při navrhování zateplení volíme klasické zástupce tepelných izolací. Konkrétní typ, případně výrobce si zvolí majitel sám, vzhledem k finanční náročnosti a požadované kvalitě tepelně izolačního materiálu. Navrhnuté zateplení je navrženo na vysokou úroveň zateplení a snížení tepelných ztrát objektu. Po konzultaci s majitelem nebude nejspíš zateplen strop pod půdou a bude zateplena pouze střecha.

Zateplení střechy

Pro zateplení střechy použijeme izolační materiál tloušťky 100mm, který se aplikuje pod šikmou střechu. Cenově se tato izolace pohybuje okolo 80 až 100,- Kč/m².

Zateplení stropu pod půdou

Na zateplení stropu pod půdou použijeme 100 mm hrubý izolační materiál, který se umístí na podlahu půdy. Z nynějších možností a výrobků na trhu je nejlepší variantou nástřik pěny, nebo foukaná izolace (viz obr. č. 4.1). Toto by neslo s sebou i položení nové podlahy namísto čistého betonu, který je na půdě v současnosti.



Obr. č. 4.1 zateplení půdy
zdroj: www.fb-izolace.cz/oslavany

Zateplení obvodových zdí

Na zateplení obvodových zdí použijeme fasádní polystyren tloušťky 140 mm, Cenově se polystyreny na fasády pohybují od 100 do 300,- Kč za m² při rozměrech 1000 x 500 mm a tloušťce 140 mm. Záleží jen na požadované kvalitě. Pro naše zateplení postačí klasická řada v ceně okolo 150,- Kč/m².

Zateplení podlahy na terénu

Pro tepelnou izolaci podlahy použijeme tepelně izolační desky které mají jádro tvořené tuhou polyisokyanurátovou pěnou (PIR). Cena jednoho m² je od 100,- Kč až po 500,- Kč, záleží na kvalitě a velikosti desek. My použijeme desky tloušťky 50mm v ceně okolo 250,- Kč/m².

Zateplení podlahy nad sklepem

Izolace použitá na zateplení bude střešní a podlahový polystyren o tloušťce 50mm. Cena tohoto polystyrenu se pohybuje okolo 70,- Kč/m².

Okna

Okna budou nová, plastová. Ve většině nových plastových oken se vejde do součinitele prostupu tepla 1W.m².K⁻¹. Takové okno nás přijde zhruba okolo 6 000,- Kč/m².

5 Určení tepelných ztrát

Zpracováno s použitím zdrojů: [1], [2], [10].

Tepelné ztráty budovy jsme určili pomocí kalkulačky výpočtu tepelných ztrát budovy na webových stránkách www.tzb-info.cz.

Pro město Ostrava jsou určeny následující hodnoty:

- venkovní návrhová teplota v zimním období $\theta_e = -15$ [°C]
- délka otopného období $d = 219$ dní
- průměrná venkovní teplota v otopném období $\theta_{em} = 3,6$ [°C]

5.1 Charakteristika objektu:

- převažující vnitřní teplota v otopném období $\theta_{im} = 20$ [°C]
- objem budovy $V = 1791$ [m³]
(vnější objem vytápěné zóny budovy, nezahrnuje nevytápěné podkroví, garáž, sklepy, lodžie, římsy, atiky a základy)
- celková plocha $A_c = 1428,6$ [m²]
(součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy)
- celková podlahová plocha $A_{cp} = 397$ [m²]
(podlahová plocha všech podlaží budovy vymezená vnitřním lícem obvodových stěn bez neobyvatelných sklepů a oddělených nevytápěných prostor)
- objemový faktor $A/V = 0,8$ [m⁻¹]
- trvalý tepelný zisk $H_+ = 1440$ [W]
(Obvyklý tepelný zisk zahrnuje teplo od spotřebičů (cca 100 W/byt), teplo od lidí (70 W/os.) apod.)
- solární tepelné zisky $H_{8+} = 4836$ [kWh.rok⁻¹]
(použit velice přibližný výpočet dle vyhlášky č. 291/2001 Sb)

5.2 Ochlazované konstrukce objektu / zateplení, výměna oken:

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla před zateplením U_i [W/m ² K]	Tloušťka zateplení t_z [mm] / nová okna U_i [W/m ² K]	Plocha A_i [m ²]	Činitel teplotní redukce b_i [-]		Měrná ztráta prostupem tepla $H_{Ti}=A_i \cdot U_i \cdot b_i$ [W/K]	
				Před úpravami	Po úpravách	Před úpravami	Po úpravách
Stěna 1 (šířka zdiva 45cm)	1,4	140 mm	361	1	1	505,4	85,7
Stěna 2 (šířka zdiva 60cm)	1,1	140 mm	188	1	1	206,8	42,6
Podlaha na terénu	3,1	50 mm	185	0,4	0,4	229,4	47,1
Podlaha nad sklepem (částečně nad terénem)	3,1	50 mm	185	0,65	0,65	372,8	76,5
Střecha	2,2	100 mm	264	1	1	580,8	89,4
Strop pod půdou	1,4	100 mm	185	0,8	0,95	207,2	54,7
Okna	2,35	1 W/m ² .K	56	1	1	131,6	56
Vstupní dveře	2,6	-	4,6	1	1	12	12

Tab. č. 5.1 Přehled ochlazovaných konstrukcí a jejich zateplení

5.3 Lineární tepelné mosty:

Před úpravami $\Delta U = 0,1 \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

Po úpravách $\Delta U = 0,1 \text{ [W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$

5.4 Větrání:

Intenzita větrání s původními okny $n_1 = 0,7 \text{ [h}^{-1}]$

Intenzita větrání s novými okny $n_2 = 0,5 \text{ [h}^{-1}]$

5.5 Roční potřeba energie na vytápění:

Stav objektu	Měrná potřeba tepla
Před úpravami (před zateplením)	504,6 kWh/m ²
Po úpravách (po zateplení)	151,9 kWh/m ²

Tab. č. 5.2 Roční potřeba energie na vytápění

Přepočet měrné potřeby tepla na hodinu: vzorec (5.1)

$$\dot{Q}_m = \frac{Q_r \cdot 10^3}{8760} \text{ [Wh} \cdot \text{m}^{-2}]$$

Před zateplením: vzorec (5.2)

$$\dot{Q}_{m1} = \frac{Q_r \cdot 10^3}{8760} = \frac{504,6 \cdot 10^3}{8760} = 57,6 \text{ [Wh} \cdot \text{m}^{-2}]$$

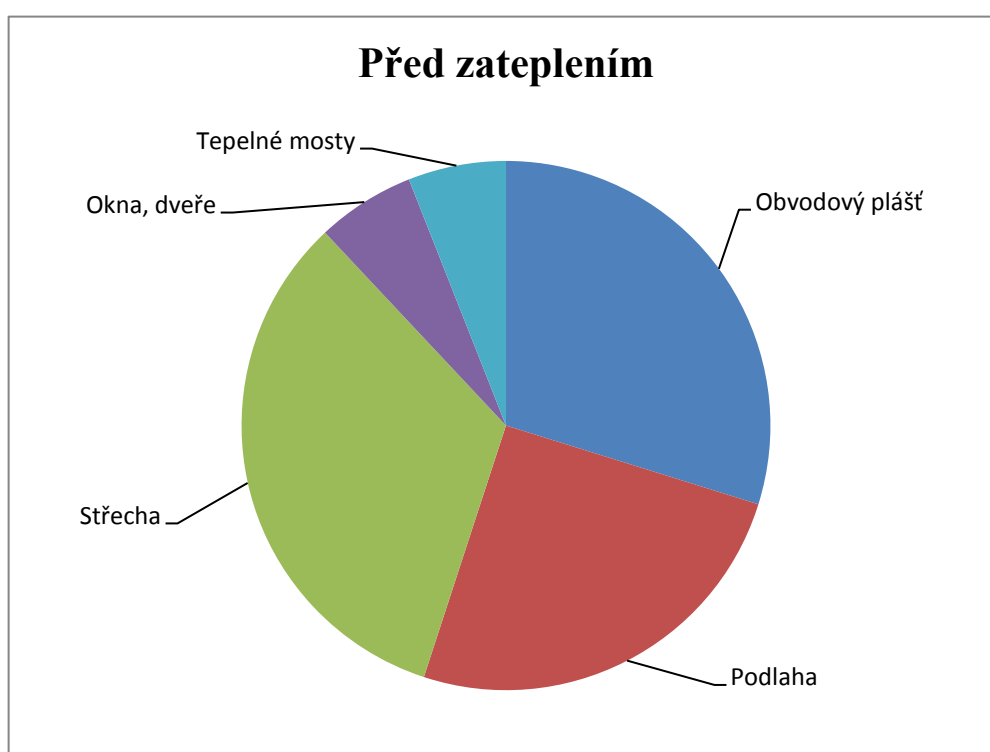
Po zateplení: vzorec (5.3)

$$\dot{Q}_{m2} = \frac{Q_r \cdot 10^3}{8760} = \frac{151,9 \cdot 10^3}{8760} = 17,34 \text{ [Wh} \cdot \text{m}^{-2}]$$

5.6 Stavebně – technické hodnocení:

Před zateplením	
Typ konstrukce	Tepelná ztráta [W]
Obvodový plášť	24927
Podlaha	21076
Střecha	27580
Okna, dveře	5025
Tepelné mosty	5000
Větrání	15845
Celkem Qcz	99453

Tab. č. 5.3



Graf č. 5.1

Po zateplení	
Typ konstrukce	Tepelná ztráta [W]
Obvodový plášť	4491
Podlaha	4323
Střecha	5041
Okna, dveře	2379
Tepelné mosty	5000
Větrání	11318
Celkem Qcz	32552

Tab. č. 5.4



Graf č. 5.2

5.7 Zelená úsporám – výše podpory pro bytové domy

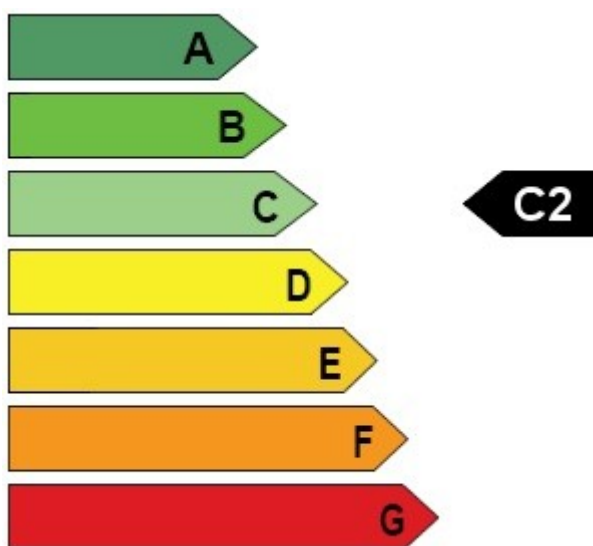
-výňatek z webu www.tzb-info.cz

Úspora: 70%

„Máte nárok na dotaci v rámci části programu A.2 - částečné zateplení. Dotace ve vašem případě činí 600 Kč/m² podlahové plochy, to je 238200 Kč. Ovšem s omezením dotace na max. 120 m² na jednu bytovou jednotku. Toto omezení není započítáno!

Pro získání dotace v rámci části programu A.1 - celkové zateplení – musíte dosáhnout měrné potřeby tepla na vytápění maximálně 55 kWh/m² a zároveň úspory měrné potřeby tepla na vytápění min. 40%.“

Energetický štítek obálky budovy:



Obr. č. 8.1

6 Stanovení potřeby tepla pro vytápění a ohřev TUV

Zpracováno s použitím zdrojů: [3], [10].

Výpočty provedeme zjednodušeně z měrné potřeby tepla a podle kalkulačky na webu www.tzb-info.cz pro výpočet potřeby tepla a teplé vody. Oba výpočty porovnáme a stanovíme potřebu tepla pro vytápění a ohřev TUV.

6.1 Teplo pro vytápění po zateplení

Zjednodušený výpočet

- $Q'_{\text{VYT,R}} = Q_r \cdot A_c = 151,9 \cdot 397 = 60\,304 \text{ [kWh.rok}^{-1}\text{]}$ vzorec (6.1)
- Q_r ...roční potřeba energie na vytápění po zateplení z tab. č. 5.2
- A_c ...celková podlahová plocha vytápěných částí budovy

Výpočet dle tzb-info

Pro město Ostrava je stanovena délka topného období 229 dnů v roce.

Střední denní venkovní teplota pro začátek a konec teplotního období

$$t_{\text{em}} = 13^{\circ}\text{C}$$

Venkovní výpočtová teplota: $t_e = -15^{\circ}\text{C}$

Průměrná roční výpočtová teplota: $t_{\text{is}} = 20^{\circ}\text{C}$

Průměrná teplota během otopného období: $t_{\text{es}} = 4^{\circ}\text{C}$

Tepelná ztráta objektu: $Q_{\text{cz}} = 32,6 \text{ [kW]}$ z tab. č. 5.4

Vytápěcí denostupně: vzorec (6.2)

$$D = d \cdot (t_{\text{is}} - t_{\text{es}}) = 229 \cdot (20 - 4) = 3664 \text{ [K.dny]}$$

Opravné součinitele a účinnosti systému volíme:

e_i – nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a tepelné ztráty prostupem

$$e_i = 0,85 [1]$$

e_t – snížení teploty v místnosti během dne respektive noci

$$e_i = 0,90 [1]$$

e_d – zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu

$$e_i = 1,00 [1]$$

η_{ob} – účinnost obsluhy respektive možnosti regulace soustavy

$$\eta_{ob} = 0,95 [1]$$

η_r – účinnost rozvodu vytápění

$$\eta_r = 0,95 [1]$$

ε – opravný součinitel

$$\varepsilon = 0,75 [1] \text{ pro stavby střední s krátkými otopnými přestávkami}$$

Potřeba tepla: vzorec (6.3)

$$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_{ob} \cdot \eta_r} \cdot \frac{24 \cdot Q_{cz} \cdot D}{(t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$$
$$Q_{VYT,r} = \frac{0,75}{0,95 \cdot 0,95} \cdot \frac{24 \cdot 32,6 \cdot 3664}{(20 - 4)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$$
$$Q_{VYT,r} = 69\,400 \text{ [kWh.rok}^{-1}\text{]}$$

Normové hodnoty spotřeby energie na vytápění

Pro zrekonstruovaný bytový dům je stanovena normová hodnota spotřeby tepla na vytápění na 9,3 MWh/měrný byt, rok. Tato hodnota je v souladu s usnesením vlády z roku 1990. V domě je 6 bytů, z čehož vyplývá potřeba energie na vytápění 55,8 MWh/rok.

Spotřeba tepla v praxi neznamena to samé jako potřeba tepla. Spotřeba tepla je závislá na účinnosti zdroje tepelné energie, rozvodech, tepelných ziscích budovy, atd. Potřeba tepla na těchto okolnostech nezávisí a pouze nám udává, kolik tepla je nutné do domu dodat, aby pokrylo tepelné ztráty.

Srovnání a stanovení potřeby tepla na vytápění

Z výše uvedených výpočtů je patrné, že se potřeby tepla na vytápění liší pro každý výpočet. V přesnějším výpočtu s použitím denostupňů dle tzb-info je hodnota nejvyšší. S ohledem na větší přesnost tohoto výpočtu budeme dále uvažovat s touto hodnotou, tudíž potřeba tepla na vytápění $Q_{\text{VYT},r} = 69\,400 \text{ kWh/rok}$.

6.2 Teplo pro ohřev TUV

Zjednodušený výpočet

Pro výpočet množství tepla uvažujeme spotřebu 60 litrů TUV na osobu a den. Voda je celoročně ohřívána z 12°C na 65°C .

Celkové množství vody k ohřátí za rok: vzorec (6.4)

$$m_r = m_{os} \cdot n_{os} \cdot 365 \text{ dnů} = 60 \cdot 12 \cdot 365 = 262\,800 \text{ [kg. rok}^{-1}\text{]}$$

- m_{os}množství vody na osobu za den [kg]
- n_{os}počet osob v domě

Množství tepla potřebného k ohřátí vody: vzorec (6.5)

$$\begin{aligned}\dot{Q}_{\text{TUV},r,\text{teor}} &= m_d \cdot c_v \cdot (t_1 - t_2) = 262\,800 \cdot 4,186 \cdot (65 - 12) \\ &= 58\,500\,000 \text{ [kJ. rok}^{-1}\text{]}\end{aligned}$$

Do výpočtu musíme zahrnout ztrátu při přípravě teplé vody 15%. Vzorec (6.6)

$$\dot{Q}_{\text{TUV},r} = \frac{58\,500}{0,85} = 68\,824 \text{ [MJ. rok}^{-1}\text{]}$$

Převod na kWh: vzorec (6.7)

$$\dot{Q}_{\text{TUV},r} = \frac{\dot{Q}_{\text{TUV},r}}{3,6} = \frac{68\,824}{3,6} = 19\,117 \text{ [kWh. rok}^{-1}\text{]}$$

Výpočet dle tzb-info

Denní potřeba tepla pro ohřev TUV: vzorec (6.8)

$$\dot{Q}_{\text{TUV,d}} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600}$$

$$\dot{Q}_{\text{TUV,d}} = (1 + 2) \cdot \frac{1000 \cdot 4,186 \cdot 1,2 \cdot (65 - 12)}{3600}$$

$$\dot{Q}_{\text{TUV,d}} = 221,9 \text{ [kWh]}$$

Teplota studené vody

$$t_1 = 12 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Teplota teplé vody

$$t_2 = 65 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Hustota vody

$$\rho = 1000 \text{ [kg.m}^{-3}\text{]}$$

Měrná tepelná kapacita vody

$$c = 4,186 \text{ [kJ.kg}^{-1}\text{.K}^{-1}\text{]}$$

Celková potřeba teplé vody za den

$$V_{2p} = 1,2 \text{ [m}^3\text{.den}^{-1}\text{]} \dots \text{tato hodnota odpovídá uvažované spotřebě 200 litrů/byt}$$

Koeficient energetických ztrát systému

$$z = 2 \text{ [1]} \dots \text{volen pro starší stavby}$$

Roční potřeba tepla pro ohřev TUV: vzorec (6.9)

$$\dot{Q}_{\text{TUV,r}} = \dot{Q}_{\text{TUV,d}} \cdot d + 0,8 \cdot \dot{Q}_{\text{TUV,d}} \cdot \frac{t_2 - t_{\text{svl}}}{t_2 - t_{\text{svz}}} \cdot (N - d)$$

$$\dot{Q}_{\text{TUV,r}} = 221,9 \cdot 229 + 0,8 \cdot 221,9 \cdot \frac{65 - 15}{65 - 5} \cdot (365 - 229)$$

$$\dot{Q}_{\text{TUV,r}} = 70\,900 \text{ [kWh.rok}^{-1}\text{]}$$

Teplota studené vody v létě $t_{svl}=15$ [°C]

Teplota studené vody v zimě $t_{svz}=5$ [°C]

Počet pracovních dní soustavy v roce $N= 365$ [dny]

Délka topného období $d=229$ [dny]

Srovnání a stanovení potřeby tepla pro ohřev TUV

Z výpočtů vyplývá, že dle tzb-info potřebujeme o mnoho více tepla než při zjednodušeném výpočtu. To vyplývá z toho, že se u výpočtu dle tzb-info počítá s energetickými ztrátami systému, je stanoveno vyšší minimální množství potřeby TUV a počítá se s různými teplotami ohřívání vody přes rok.

Dále budeme počítat s vyšší a přesnější hodnotou potřeby tepla pro ohřev TUV, která činí 70 900 kWh/rok.

6.3 Celkové množství tepla pro ohřev TUV a vytápění:

Do celkového množství tepla pro ohřev TUV a vytápění se sečte množství tepla pro vytápění a množství tepla pro ohřev TUV. Vzorec (6.10)

$$\dot{Q}_r = \dot{Q}_{VYT,r} + \dot{Q}_{TUV,r} = 69\,400 + 70\,900 = 140\,300 \text{ [kWh.rok}^{-1}\text{]}$$

$$\dot{Q}_r = \dot{Q}_r \cdot 3,6 = 505,1 \text{ [GJ.rok}^{-1}\text{]}$$

Po přepočtení na potřebný tepelný příkon nám vyjde potřeba minimálně 16 kW zdroje tepla.

7 Návrh solárních kolektorů

Zpracováno s použitím zdrojů: [11].

Výpočet měsíčních potřeb tepla pro přípravu TUV a vytápění jsme provedli v předchozí kapitole. Umístění kolektorů bude na střeše orientované k jihu s odchylkou cca 15° na západ. Kolektory budou umístěny na střechu, která má sklon 45° pod sklonem 75°.

I. Stanovení množství skutečného slunečního záření dopadajícího na plochu dané orientace:

Výpočet pro první měsíc: vzorec (7.1)

$$\dot{Q}_{\text{skut},k} = \tau_{\text{rel}} \cdot \dot{Q}_{\text{teor}} \cdot p$$

$$\dot{Q}_{\text{skut},k} = 0,27 \cdot 3,68 \cdot 31 = 30,8 \text{ [kW} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^2\text{]}$$

τ_{rel} - relativní doba slunečního svitu pro první měsíc

$\dot{Q}_{\text{teor},k}$ - teoreticky možná energie dopadající za den na různě sklopené plochy pro první měsíc

p - počet dní v prvním měsíci

Tabulka vypočtených $\dot{Q}_{\text{skut},k}$ v jednotlivých měsících:

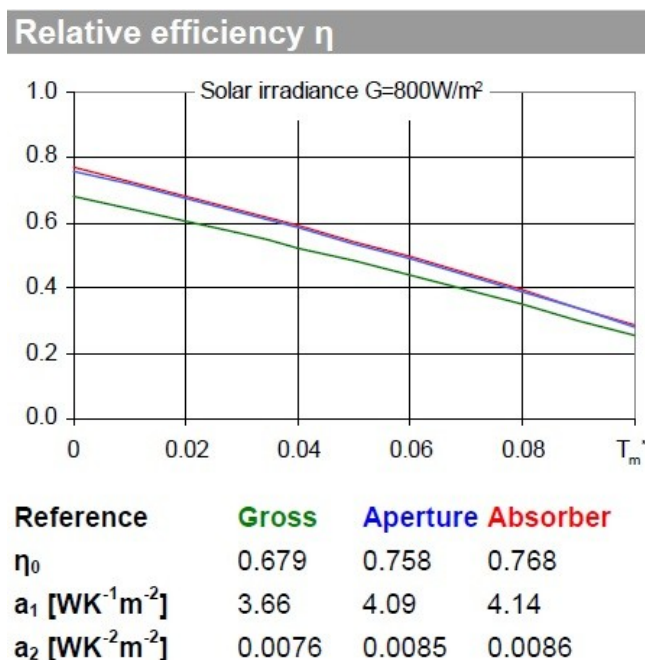
Měsíc	$\dot{Q}_{\text{skut},k}$ [kW·h·m ⁻²]
I.	30,8
II.	40,9
III.	55,4
IV.	69,2
V.	85,2
VI.	75,7
VII.	99,7
VIII.	106,2
IX.	76,9
X.	57,4
XI.	21
XII.	17,6

Tab. č. 7.1

II. Volba typu kolektoru – stanovení rovnice účinnostní charakteristiky:

Vybíráme kolektor Ekosolaris Ekostart Therma II

Parametry kolektoru jsme odečetli z katalogového listu:



Obr. č. 7.1 zdroj www.solarenergy.ch

III. Stanovení průměrné účinnosti kolektoru v jednotlivých měsících:

Výpočet součinitele A pro první měsíc: vzorec (7.2)

$$A = \frac{t_k - t_o}{I_{\text{stř}}} = \frac{t_k - t_o}{\frac{\dot{Q}_{\text{teor}}}{\tau_{\text{teor}}}}$$

$$t_k = \frac{t_{\text{tv}} + t_{\text{sv}}}{2} = \frac{12 + 65}{2} = 38,5 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

$$A = \frac{38,5 - 0,78}{\frac{3680}{8,26}} = 0,085 \text{ [K} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}\text{]}$$

t_k - teplota kolektoru (střední teplota)

t_o - střední teplota v době slunečního svitu v prvním měsíci

τ_{teor} - teoretická doba slunečního svitu v charakteristických dnech prvního měsíce

Tabulka vypočtených součinitelů A v jednotlivých měsících:

Měsíc	Součinitel A [K.m ² .W ⁻¹]
I.	0,084665
II.	0,079713
III.	0,067530
IV.	0,067068
V.	0,066879
VI.	0,063146
VII.	0,051367
VIII.	0,043284
IX.	0,050013
X.	0,062964
XI.	0,078156
XII.	0,095212

Tab. č. 7.2

Stanovení účinnosti kolektoru v prvním měsíci: vzorec (7.3)

$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot A - a_2 \cdot A^2 \cdot I_{\text{stř}}$$

$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot A - a_2 \cdot A^2 \cdot \frac{\dot{Q}_{\text{teor}}}{\tau_{\text{teor}}}$$

$$\eta = 0,768 - 4,14 \cdot 0,085 - 0,0086 \cdot 0,085^2 \cdot \frac{3680}{8,26} = 0,39 [1]$$

Účinnost kolektoru je zhruba 39%.

η_0 – účinnost odečtená z katalogového listu

a_1 – konstanta odečtená z katalogového listu

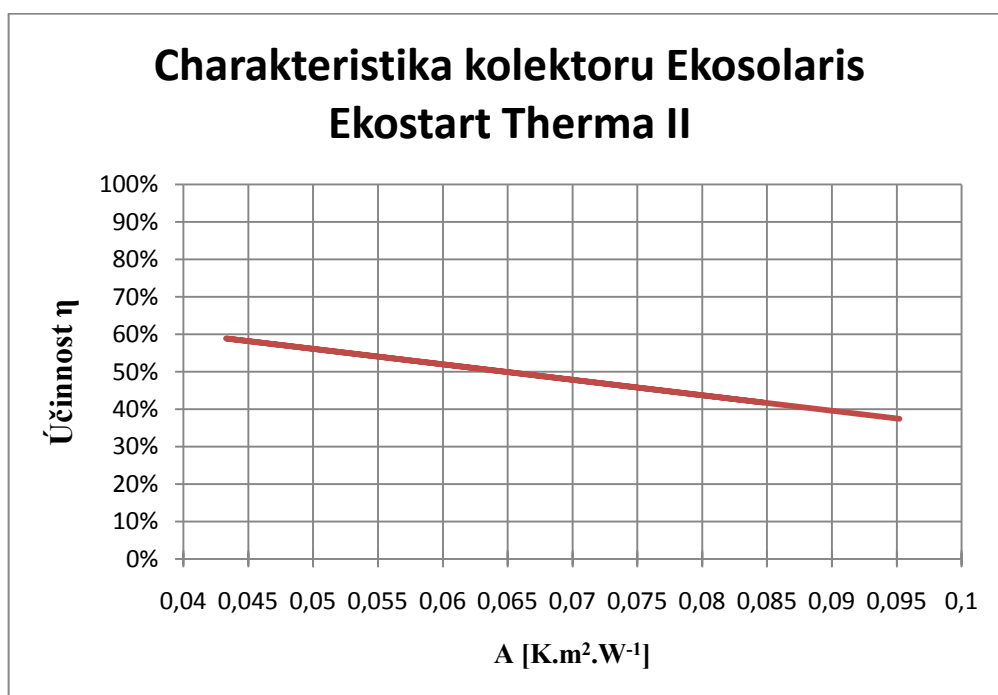
a_2 – konstanta odečtená z katalogového listu

-tyto odečtené hodnoty jsme odečetli pro absorbér

Tabulka vypočtených účinností η v jednotlivých měsících:

Měsíc	Účinnost η
I.	0,390
II.	0,412
III.	0,469
IV.	0,473
V.	0,477
VI.	0,495
VII.	0,547
VIII.	0,582
IX.	0,550
X.	0,491
XI.	0,421
XII.	0,343

Tab. č. 7.3



Graf č. 7.1

IV. Stanovení měrného tepelného zisku kolektoru:

Stanovení měrného tepelného zisku kolektoru pro první měsíc: vzorec (7.4)

$$\dot{Q}_k = \eta \cdot \dot{Q}_{\text{skut}} = 0,39 \cdot 30,8 = 12,012 \text{ [kW.h.m}^{-2}\text{]}$$

η – účinnost kolektoru v prvním měsíci

\dot{Q}_{skut} - množství skutečného slunečního záření dopadajícího na solární panel
v prvním měsíci

Tabulka měrných tepelných zisků v jednotlivých měsících:

Měsíc	\dot{Q}_k [kW.h.m ⁻²]
I.	12,013
II.	16,841
III.	25,993
IV.	32,709
V.	40,639
VI.	37,474
VII.	54,548
VIII.	61,777
IX.	42,306
X.	28,163
XI.	8,832
XII.	6,021

Tab. č. 7.4

V. Návrh měsíce s rovnovážnou energetickou bilancí:

Jako měsíc s rovnovážnou energetickou bilancí volím duben

VI. Návrh počtu m² kolektorové plochy:

Plochu spočteme pomocí poměru potřebného tepla v kWh ku měrnému tepelnému zisku kolektoru v měsíci dubnu. Vzorec (7.5)

$$S = \frac{\dot{Q}_{rk}}{\dot{Q}_k} = \frac{11\,531}{32,71} = 352,5 \text{ [m}^2\text{]}$$

\dot{Q}_{rk} - měsíční potřeba tepla pro měsíc s rovnovážnou energetickou bilancí

\dot{Q}_k - měrný tepelný zisk kolektoru v měsíci s rovnovážnou energetickou bilancí

Návrh počtu kolektorů: vzorec (7.6)

$$n = \frac{S}{S_k} = \frac{352,5}{2,032} = 173,5 \text{ [ks]}$$

Volili bychom 174 kolektorů Ekosolaris Ekostart Therma II.

S - počet m² kolektorové plochy

S_k - počet m² absorpční plochy jednoho kolektoru

Přepočet počtu m² kolektorové plochy: vzorec (7.7)

$$S' = n \cdot S_k = 174 \cdot 2,032 = 353,57 \text{ [m}^2\text{]}$$

S_k – plocha absorbéru kolektoru

VII. Určení energetické bilance pro jednotlivé měsíce (přebytky / nedostatky):

Určení energetické bilance pro první měsíc: vzorec (7.8)

$$\dot{Q} = \dot{Q}_k \cdot S' = 12,013 \cdot 353,57 = 4247,44 \text{ [kWh]}$$

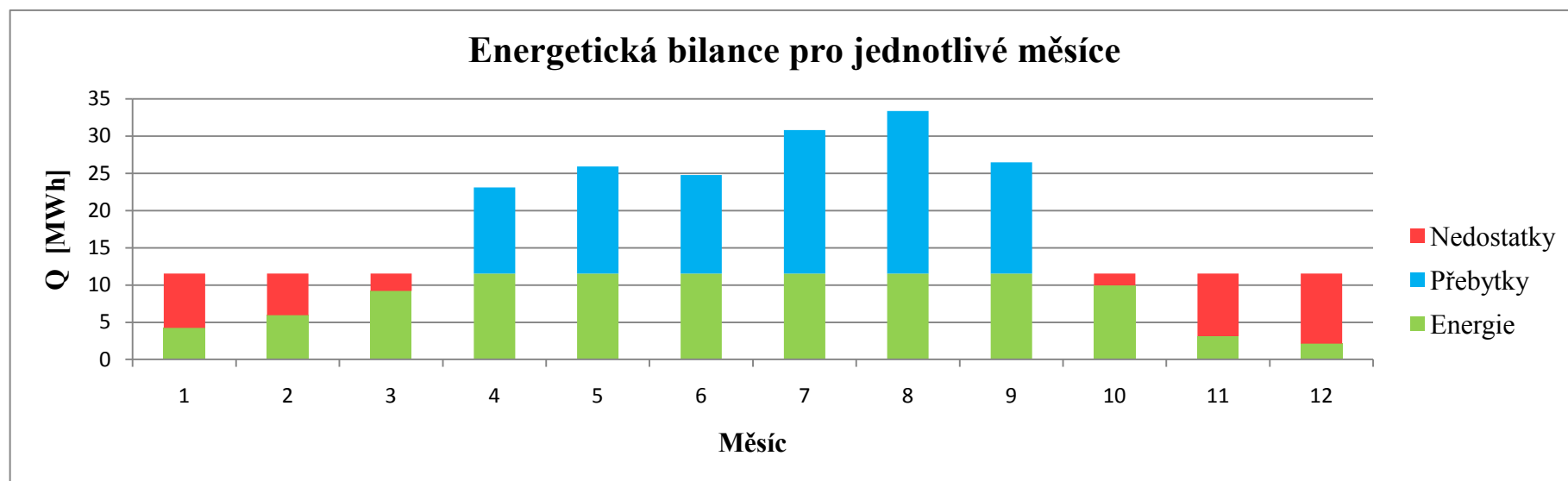
\dot{Q}_k - měrný tepelný zisk kolektoru v prvním měsíci

S' - přepočtená plocha v m²

Tabulka energetické bilance pro jednotlivé měsíce

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Q [kWh]	4248	5955	9190	11565	14369	13250	19286	21842	14958	9958	3123	2129
Přebytek [kWh]	-	-	-	34	2838	1719	7755	10311	3427	-	-	-
Nedostatek [kWh]	7283	5576	2341	-	-	-	-	-	-	1573	8408	9402

Tab. č. 7.5



Graf č. 7.2

- VIII. Stanovení maximálního celoročního zisku sol. systému (uvažováno i s přebytky v letních měsících): vzorec (7.9)**

$$\dot{Q}_{\max} = \sum \dot{Q}_i = 129,9 \text{ [MWh]}$$

- IX. Stanovení skutečného celoročního zisku sol. systému (přebytky nejsou využívány): vzorec (7.10)**

$$\dot{Q}_{\text{skut}} = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 + \dot{Q}_3 + (6 \cdot \dot{Q}) + \dot{Q}_{10} + \dot{Q}_{11} + \dot{Q}_{12} = 103,8 \text{ [MWh]}$$

- X. Výpočet měrného celoročního zisku solárního systému maximálního a skutečného vztaženo na 1 m² plochy kolektoru v kWh/ m²: vzorec (7.11)**

$$\dot{Q}'_{\max} = \frac{\dot{Q}_{\max}}{S'} = \frac{129\,900}{353,57} = 367,3 \text{ [kWh.m}^{-2}\text{]}$$

$$\dot{Q}'_{\text{skut}} = \frac{\dot{Q}_{\text{skut}}}{S'} = \frac{103\,800}{353,57} = 293,5 \text{ [kWh.m}^{-2}\text{]}$$

XI. Závěr

Závěrem se dá konstatovat, že nemá smysl pokrývat veškeré zásobování teplem a TUV bytový dům pouze solárními kolektory. Jednalo by se o velice nákladnou investici, která by navíc nebyla realizovatelná z důvodu nedostatku prostoru pro umístění panelů. Z toho plyne, že pro naše účely se solární kolektory hodí pouze jako doplňkový zdroj tepla, který by pouze šetřil energii, kterou by musel vynaložit špičkový zdroj, jako například plynový kotel.

8 Návrh zdrojů

Zpracováno s použitím zdrojů: [4], [8].

Vzhledem ke klimatickým podmínkám a po konzultacích s majitelem nemovitosti se jeví jako vhodný obnovitelný zdroj energie pro vytápění a ohřev TUV kombinace plynového kotle a solárních panelů, případně tepelného čerpadla s plynovým kotlem na dohřev vody.

8.1 I. Varianta: Plynový kotel a solární panely

Jelikož se jedná o patrovou budovu, kdy je pod jednou střechou koncentrováno větší množství osob, tudíž i nároky na množství tepla jsou vyšší, nelze zajistit pokrytí potřeb tepla pouze solárními kolektory. Toto jsme si dokázali v předchozí kapitole, kde jsme navrhli solární systém pro pokrytí veškeré potřeby tepla v domě. Navíc solární kolektory na tomto území nejsou schopny vlivem nestálých klimatických podmínek pracovat po celý rok ideálně. Vzhledem k těmto faktorům musíme zajistit bivalentní zdroj tepla, který nám dohřeje TUV a vodu na vytápění na potřebnou teplotu.

Tímto zdrojem bude plynový kotel. Bude plnit funkci špičkového zdroje tepla, který je schopný pokrýt 100% potřeby tepla, zatímco solární panely budou sloužit pouze jako podpůrný zdroj. Vzhledem k ploše střechy můžeme umístit na střechu solární panely do celkové plochy 30 m². Obvyklý výkon solárních panelů se pohybuje okolo 60 Wh/m². To znamená, že topný výkon se bude pohybovat při ideálních podmínkách maximálně okolo hodnoty 1,8 kWh, což je přibližně 11% potřebného topného výkonu, který činí 16 kWh.

Při zjednodušeném výpočtu návrhu solárních kolektorů podle tzb-info nám vyšel roční výkon kolektorů 12 MWh, což je velmi málo s přihlédnutím na investici přibližně 250 000 do solárního systému a na roční potřebu tepla, která činí 140 MWh. Investice je takto téměř nenávratná.

Z těchto důvodů NEDOPORUČUJEME použití solárních kolektorů.

8.2 II. Varianta: Elektrický kotel a tepelné čerpadlo

Vzhledem k využívání tzv. „nočního proudu“, který je levnější a obvykle je započítáván 22 hodin denně v nízkém tarifu, přitom vysoký tarif je pouze 2 hodiny denně, je vhodné zrušit plynovou přípojku, neplatit nic ani lidově řečeno za hodiny, a využívat pouze elektřinu. To ovšem nemusí platit vždy, obzvláště pro bytový dům,

kde je více domácností a každý nechce přecházet z plynu na elektřinu. V zimních měsících by ovšem tepelné čerpadlo dodávalo pouze okolo 5 kW při -10°C , tudíž by elektro kotel musel dodávat zbylých 11 kW, což už by se projevilo na celkové ceně za spotřebu elektrické energie. Z těchto důvodů se jeví jako nejvhodnější řešení následující III. Varianta.

8.3 III. Varianta: Plynový kotel a tepelné čerpadlo

Tepelná čerpadla se vyrábějí v širokém výkonovém rozmezí, což bylo probráno v kapitole 2.1. Při potřebách 16 kWh tepla si můžeme dovolit zvolit tepelné čerpadlo s výkonem okolo 20 kW pro pokrytí potřeb tepla při ideálních venkovních podmínkách. Při velmi nízkých teplotách, kdy bychom byli nuceni tepelné čerpadlo odstavit nám zajistí tepelnou energii plynový kotel, který může mít výkon taktéž okolo 20 kW pro pokrytí potřeb tepla při odstaveném tepelném čerpadle, případně jako doplňkový zdroj tepla při nižším výkonu tepelného čerpadla.

9 Návratnost investic

Zpracováno s použitím zdrojů: [3], [13].

9.1 Náklady na zateplení

Do nákladů na zateplení jsou započítány náklady pouze na materiál, práci si zajistí majitel převážně svépomocí. Předpokládáme nezateplování střechy a podlahy na terénu, pouze podlahy na půdě, zateplení obvodových zdí a podlahy nad sklepem.

Zateplení podlahy na půdě:

Cena foukaného materiálu se pohybuje okolo 900,- Kč/m³. Při tloušťce izolační vrstvy 20 cm počítáme se spotřebou přibližně 37 m³. To znamená, že cena materiálu bude zhruba 33 000,- Kč.

Zateplení obvodových zdí:

Při ceně 150,- Kč/m² a ploše 1428 m² vychází cena za materiál na přibližně 200 000,- Kč.

Zateplení podlahy nad sklepem:

Podlaha nad sklepem zabírá 185 m² a cena podlahového polystyrenu se pohybuje okolo 70,- Kč/m². Z toho plyne cena zateplení podlahy nad sklepem, která činí 13 000,- Kč.

Celkově nás bude materiál na zateplení stát přibližně 246 000,- Kč. S připočtením nezbytných výdajů navíc můžeme počítat s cenou 300 000,- Kč.

9.2 Náklady na plynový kotel a akumulční nádrž

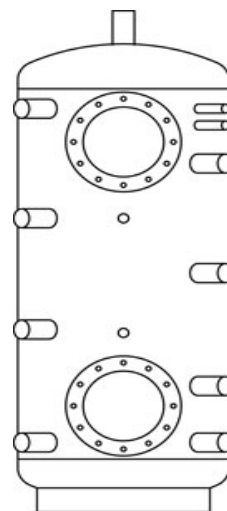
Velikost akumulční nádrže volíme 800 litrů se dvěma navařenými přírubami. Spodní bude sloužit pro napojení trubkového výměníku tepla ze solárního systému nebo tepelného čerpadla, horní pro připojení trubkového výměníku z plynového kotle. Cena nádrže je 16 000,- Kč, dvou tepelných výměníků 24 000,- Kč.



Obr. č. 9.2 Plynový kotel

Plynový kotel stojí okolo 50 000,- Kč při výkonu 24kW, který by nám dostatečně pokryl potřeby tepla i při nižší úrovni zateplení.

Tato investice se s připočtením nezbytných výdajů na další příslušenství pohybuje okolo 150 000,- Kč.



Obr. č. 9.1

Akumulční
nádrž

9.3 Náklady na tepelné čerpadlo, solární soustavu

Tepelné čerpadlo pro výkon 18 kW na trhu dnes vyjde do 250 000,- Kč, s veškerými pracemi a zapojením bude stát do 300 000,- Kč. Solární soustava navržená výše pro naše podmínky nevyhovuje, tudíž s ní neuvažujeme a náklady volíme pouze na tepelné čerpadlo.

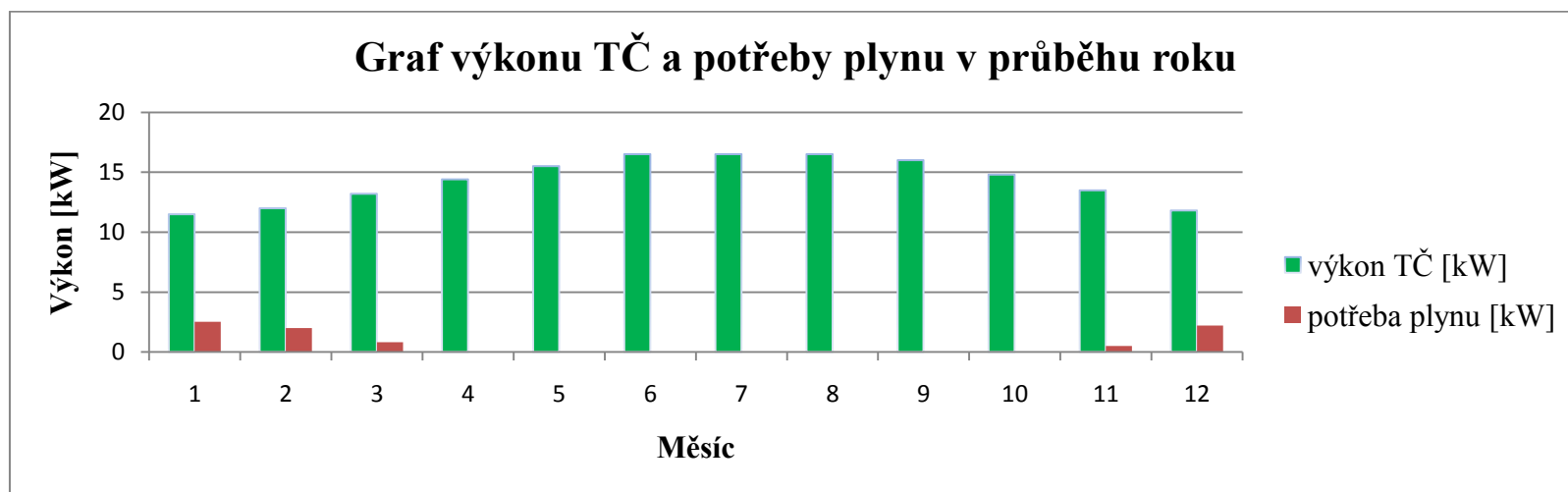
Celkové náklady na zateplení a zdroj tepla jsou zhruba 750 000,- Kč.

9.4 Tabulka a graf potřeby plynu při provozu TČ

Výkony tepelného čerpadla odečteny z výkonové charakteristiky TČ o jmenovitém výkonu 16 kW.

Měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Teplota [°C]	-3,2	-1,7	1,9	6,7	11,9	15	16,3	15,9	12,5	8	2,7	-1,4
Výkon TČ [kW]	11,5	12	13,2	14,4	15,5	16,5	16,5	16,5	16	14,8	13,5	11,8
Potřeba plynu [kW]	2,514	2,014	0,814	0	0	0	0	0	0	0	0,514	2,214
Potřeba plynu celkem [kWh/rok]	5810											

Tab. č. 9.1 Závislost výkonu TČ a potřeby plynu na teplotě

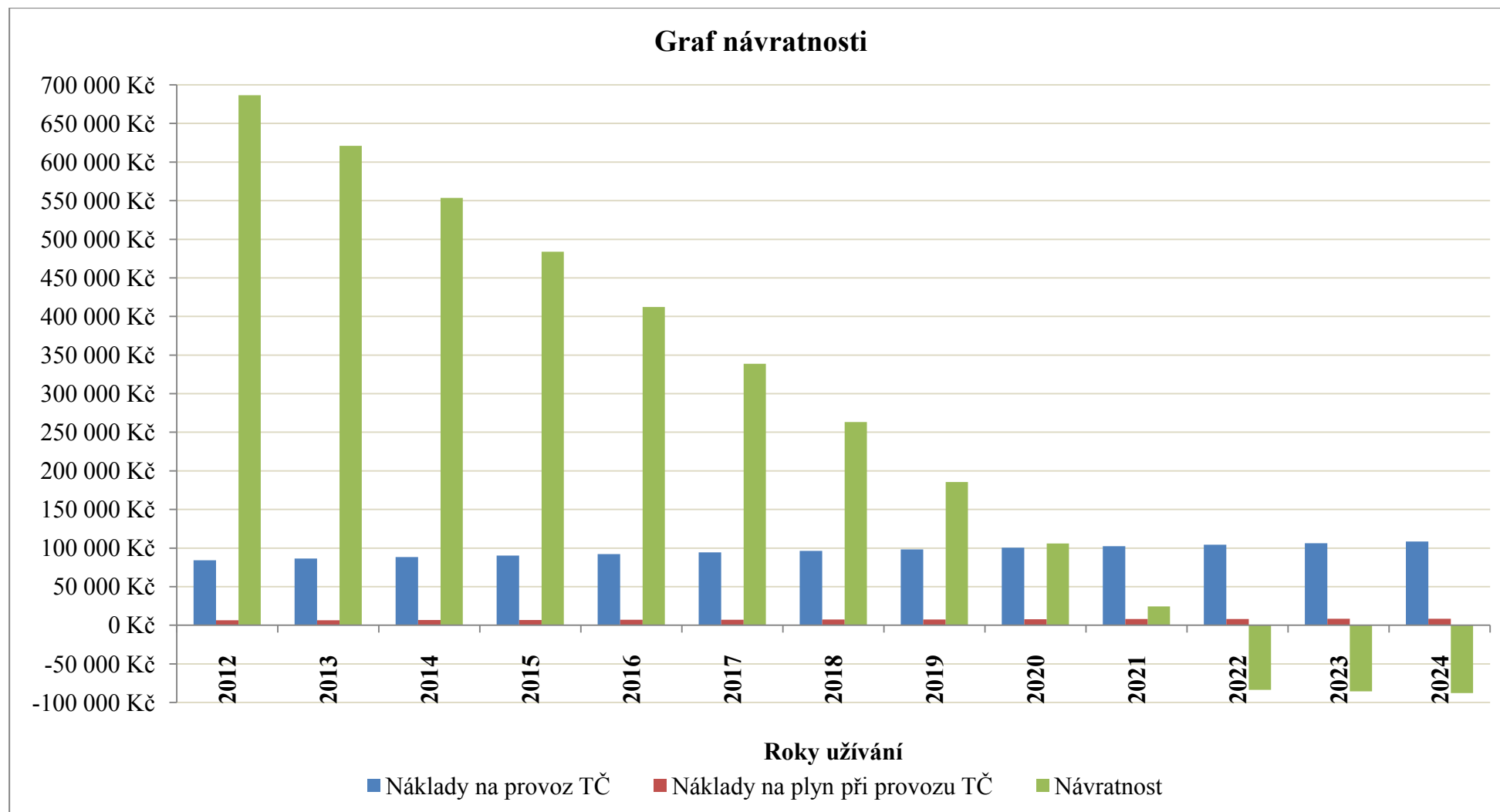


Graf č. 9.1 Výkon TČ a potřeba plynu v průběhu roku

9.5 Tabulka a graf návratnosti

Investice	750 000 Kč												
Počet roků užívání	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Rok	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Vývoj ceny plynu za kWh	1,1	1,13	1,16	1,19	1,22	1,25	1,28	1,31	1,34	1,37	1,4	1,43	1,46
Vývoj ceny elektřiny za kWh	2,1	2,15	2,2	2,25	2,3	2,35	2,4	2,45	2,5	2,55	2,6	2,65	2,7
Potřeba tepla celkem [kWh]	140160	140160	140160	140160	140160	140160	140160	140160	140160	140160	140160	140160	140160
Náklady plyn	154 176 Kč	158 381 Kč	162 586 Kč	166 790 Kč	170 995 Kč	175 200 Kč	179 405 Kč	183 610 Kč	187 814 Kč	192 019 Kč	196 224 Kč	200 429 Kč	204 634 Kč
Teplo z TČ [kWh]	140160	140160	140160	140160	140160	140160	140160	140160	140160	140160	140160	140160	140160
Potřeba plynu při TČ [kWh]	5810	5810	5810	5810	5810	5810	5810	5810	5810	5810	5810	5810	5810
Náklady na provoz TČ *	84 315 Kč	86 323 Kč	88 330 Kč	90 338 Kč	92 345 Kč	94 353 Kč	96 360 Kč	98 368 Kč	100 375 Kč	102 383 Kč	104 390 Kč	106 398 Kč	108 405 Kč
Náklady na plyn při TČ	6 391 Kč	6 565 Kč	6 740 Kč	6 914 Kč	7 088 Kč	7 263 Kč	7 437 Kč	7 611 Kč	7 785 Kč	7 960 Kč	8 134 Kč	8 308 Kč	8 483 Kč
Návratnost	686 530 Kč	621 037 Kč	553 521 Kč	483 982 Kč	412 420 Kč	338 835 Kč	263 227 Kč	185 596 Kč	105 942 Kč	24 265 Kč	-83 700 Kč	-85 723 Kč	-87 746 Kč

Tab. č. 9.2 Návratnost investice



Graf č. 9.2 Návratnost investice

10 Návrh otopných těles

Zpracováno s použitím zdrojů: [15].

Podle konfigurátoru firmy Korado a.s. navrhujeme otopné tělesa v jednotlivých vytápěných pokojích vzhledem k potřebě tepla v těchto pokojích.

Do domu volíme desková otopná tělesa v klasickém provedení, které je cenově výhodné, má boční připojení na otopnou soustavu s vodorovným připojovacím potrubím a svislým stoupacím potrubím. Pro jednotlivé systémy ohřevu TV pro vytápění jsou různé výstupní teploty, tudíž bychom potřebovali různé velikosti otopných těles.

Pro teplo z obnovitelných zdrojů energie uvažujeme vstupní teplotu do radiátoru 55°C, výstupní 45°C, teplotu v místnosti 20°C, u koupelny 22°C. Při určování výkonu otopného tělesa bereme v úvahu měrnou tepelnou ztrátu na m² podlahové plochy v místnosti. Pro pokoj o velikosti 25m² je to například:

Před zateplením: vzorec (10.1)

$$Q_{\min} = S \cdot \dot{Q}_{m1} = 35 \cdot 57,65 = 2016 \text{ [W]}$$

$$Q_{\min} \text{ navýšíme z bezpečnostních důvodů o 10\%} \Rightarrow Q_{\min} = 1217 \text{ [W]}$$

$$Q_{\max} = 2882 \text{ [W]}$$

$$Q_{\max} \text{ je } Q_{\min} \text{ navýšeno o 30\%}$$

Tomuto odpovídá 5 radiátorů, z nichž vybíráme takový, který nám bude vyhovovat rozměry. Vybereme například radiátor RADIK KLASIK – R typ 33 výška 554 mm, délka 2000 mm, hloubka 155 mm a tepelný výkon 2262 W.

Po zateplení: vzorec (10.2)

$$Q_{\min} = S \cdot \dot{Q}_{m2} = 35 \cdot 17,34 = 607 \text{ [W]}$$

$$Q_{\min} \text{ navýšíme z bezpečnostních důvodů o 10\%} \Rightarrow Q_{\min} = 668 \text{ [W]}$$

$$Q_{\max} = 901 \text{ [W]}$$

$$Q_{\max} \text{ je } Q_{\min} \text{ navýšeno o 30\%}$$

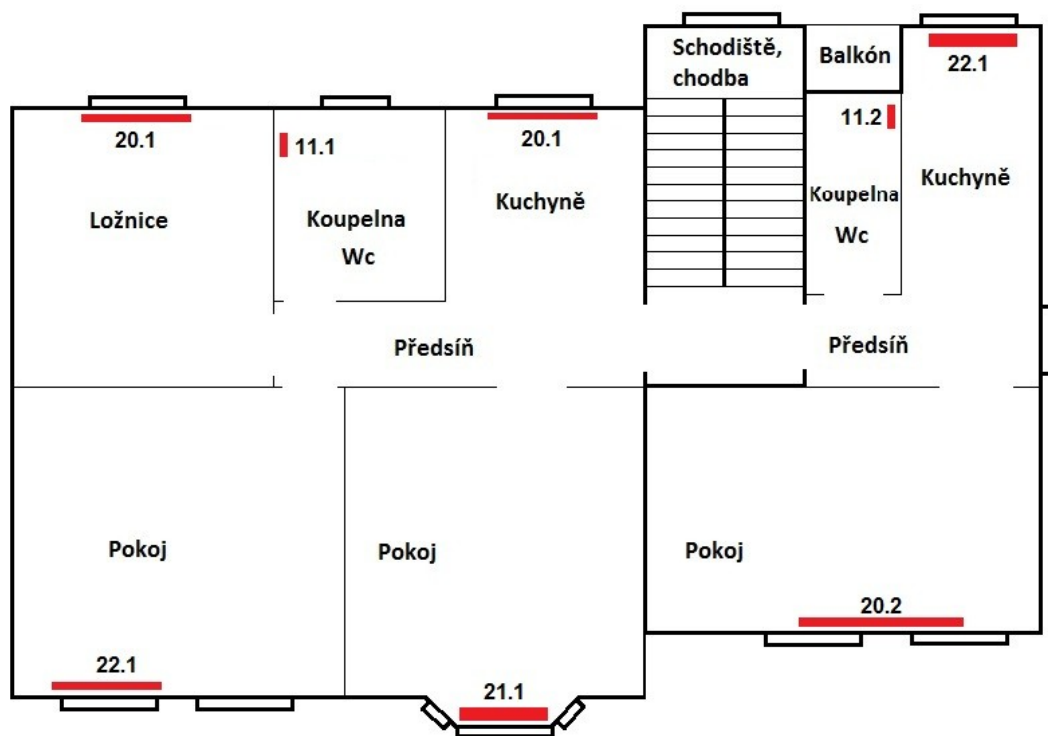
Tomuto odpovídá 8 radiátorů, z nichž vybíráme takový, který nám bude vyhovovat rozměry. Vybereme například radiátor RADIK KLASIK – R typ 21 výška 554 mm, délka 1200 mm, hloubka 66 mm a tepelný výkon 730 W.

Vybrané radiátory pro dům a jejich počet po zateplení:

Typ	Počet	Výška [mm]	Délka [mm]	Šířka [mm]	Výkon P_r [W]	Cena bez DPH	Označení
21	3	554	1200	66	730	3 083 Kč	21.1
21	3	554	1100	66	669	2 919 Kč	21.2
20	6	554	1000	66	467	2 338 Kč	20.1
11	3	1200	218	61	180	2 718 Kč	11.1
20	3	554	1800	66	840	3 539 Kč	20.2
22	3	554	1400	100	1107	3 932 Kč	22.1
11	3	1400	218	61	204	2 935 Kč	11.2
Celkem:					13992	71 406 Kč	

Tab. č. 10.1 Parametry navržených radiátorů

Součtem výkonů všech radiátorů nám vyjde potřeba tepla pro vytápění. Na obrázku 10.1 jsou radiátory vyznačeny, jedná se o 2. patro. Ostatní patra jsou řešeny obdobně. Umístění radiátorů zůstane původní, tímto se vyhneme výměně trubek a stavebním zásahům v již zrekonstruovaných bytech.



Obr. č. 10.1 Umístění radiátorů

Celkový výkon otopné soustavy: vzorec (10.3)

$$P_{c,r} = \sum_{i=1}^n (P_{r_i} \cdot n_i) = 13992 \text{ [W]} \cong 14 \text{ [kW]}$$

n....počet jednotlivých radiátorů

P_r ...výkon radiátoru

11 Závěr

V práci jsem popsal obnovitelné zdroje energie vhodné k použití pro bytový dům v dané lokalitě a provedl jsem zhodnocení vhodnosti využití jednotlivých zdrojů. Navrhl jsem vhodné zdroje a nedoporučil nevhodné.

Provedl jsem návrh možného zateplení objektu a výpočet tepelných ztrát. Tyto vyšly před zateplením na téměř 100 kW, po zateplení se ztráty sníží na třetinu, přesně na 32,5 kW. Dále byl také proveden výpočet potřeb tepla pro vytápění a ohřev TUV. Výpočet byl proveden různými metodami, výsledky jsem porovnal a určil nejpřesnější. Po přepočtení nám vyšel požadavek na 16 kW zdroj tepla pro vytápění a ohřev TUV.

Provedl jsem praktický výpočet návrhu solárních kolektorů. Ve výsledku by pro pokrytí tepelných nároků budovy musely kolektory zabírat plochu více jak 300 m², což je v tomto případě nerealizovatelné. Při rozebrání problematiky solárních kolektorů a jejich možnému výkonu jsem došel k závěru, že není vhodné použití solárních kolektorů a je vhodnější použít tepelné čerpadlo, které je schopno pokrýt potřebný výkon. Zvolil jsem nejvhodnější tepelné čerpadlo a k němu bivalentní zdroj tepla, plynový kotel. Tepelné čerpadlo bylo zvoleno pracující na principu vzduch-voda. Technicky není možné zajistit plochý sběrný kolektor na pozemku, ani dopravit techniku pro vrtnou soupravu na vyvrtání hloubkových vrtů.

Vše bylo konzultováno s majiteli bytového domu, tím jsem byl částečně směřován k postupu návrhu zdroje energie pro danou nemovitost. Zdroje obnovitelné energie jako je vítr a biomasa byly vyloučeny, jelikož majitelé si nepřejí mít u nemovitosti větrnou elektrárnu, a prostorově není kde uskláňovat potřebné množství biomasy.

Provedl jsem návratnost investice do zateplení a obnovitelného zdroje energie, která se projeví ve výsledku po 11-ti letech užívání. Stanoveny byly také potřeby plynu při zapnutém tepelném čerpadle, kdy potřeba plynu byla pouze v zimních měsících, tj. od listopadu do března. Tepelné čerpadlo bylo zvoleno o výkonu 16 kW, majitelé mohou ovšem nakonec zvolit výkonnější tepelné čerpadlo pro případ vyšších nároků na potřeby tepla například při větším obydlení budovy.

Na konec jsem navrhl nová otopná tělesa pro již zateplený dům. Umístění radiátorů jsem nechal původní, čímž se vyhnu bourání zrekonstruovaných bytů a vedení nových teplovodních trubek.

12 Seznam zdrojů informací

- [1] ČR. Vyhláška č. 213/2001 Sb. Ministerstva průmyslu a obchodu ČR ze dne 25. října 2001, kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetického auditu . In *Zákon č.406/2000 Sb.o hospodaření energií*. 2001.
- [2] ČR. Zákon č. 406/2000 Sb. ze dne 25. října 2000 o hospodaření energií. In *Sbírka zákonů č. 115/2000*. 2000, s. 5314.
- [3] Kol. autorů. *Metodika energetického auditu*. Praha : ČEA, 1996.
- [4] SRDEČNÝ, K., et al. *Úsporná opatření v bytových domech*. Praha : EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie, c2010. 9 s.
- [5] SRDEČNÝ, K., et al. *Energie slunce - ohřev vody, vytápění*. Praha : EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie, c2010. 9 s.
- [6] SRDEČNÝ, K., et al. *Tepelná čerpadla, energie prostředí*. Praha : EkoWATT, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie, c2010. 9 s.
- [7] PETERKA, Jaroslav. Pojd'me už konečně do "soláru"! In *Vytápíme sluncem*. Praha : CEMC - České ekologické manažerské centrum, 2010. s. 20. ISSN 1212-1673.
- [8] MATUŠKA, Tomáš. Solární tepelné soustavy. In *Vytápíme sluncem*. Praha : CEMC - České ekologické manažerské centrum, 2010. s. 20. ISSN 1212-1673.
- [9] KUČERA, Zdeněk; STUPAVSKÝ, Vladimír. *Biomasa³ : = energetická ekologická ekonomická*. Praha : CEMC - České ekologické manažerské centrum, 2010. 20 s. ISBN 978-80-85990-17-1.
- [10] www.tzb-info.cz [online]. 2001, 2011 [cit. 2011-03-01]. TZB-info - stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov.
- [11] www.solarenergy.ch [online]. c2010 [cit. 2011-04-15]. SPF: Collectors. Dostupné z WWW: http://www.solarenergy.ch/index.php?id=111&L=6&no_cache=1
- [12] www.zatepleni-fasad.eu [online]. 2011 [cit. 2011-04-12]. Stavebniny online, zateplení fasád. Dostupné z WWW: <http://www.zatepleni-fasad.eu/tepelna-izolace>

13] Pražská energetika, a.s., www.energetickyporadce.cz [online]. 2008 [cit. 2011-03-15]. Energetický poradce PRE. Dostupné z WWW: <http://www.energetickyporadce.cz>

[14] Dimplex. *Poklady pro návrh tepelných čerpadel a jejich začlenění do projektu topení systém VZDUCH – VODA*. 2009. 19 s. DVD.

[15] www.korado.cz [online]. 2011 [cit. 2011-04-29]. Topení, vytápění a radiátory – Korado, a. s.. Dostupné z WWW: <http://konfigurator.korado.com/cs/>